



TUGAS AKHIR - RE 141581

**KEMAMPUAN *Avicennia marina* DAN
Avicennia alba UNTUK MENURUNKAN
KONSENTRASI TEMBAGA (Cu) DI MUARA
SUNGAI WONOREJO, SURABAYA**

BINTANG RESPATI DWI HARNANI
3313100014

Dosen Pembimbing
Harmin Sulistiyaning Titah, S.T., M.T., Ph.D.

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



TUGAS AKHIR – RE 141581

**KEMAMPUAN *Avicennia marina* dan
Avicennia alba UNTUK MENURUNKAN
KONSENTRASI TEMBAGA (Cu) DI MUARA
SUNGAI WONOREJO, SURABAYA**

BINTANG RESPATI DWI HARNANI
3313100014

DOSEN PEMBIMBING
Harmin Sulistiyaning Titah, S.T., M.T., Ph. D.

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



FINAL PROJECT – RE 141581

**The Capability of *Avicennia marina* and
Avicennia alba to Reduce Copper
Concentration in Wonorejo River Estuary,
Surabaya**

BINTANG RESPATI DWI HARNANI
3313100014

SUPERVISOR
Harmin Sulistiyaning Titah, S.T., M.T., Ph. D.

DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering and Planning
Institute of Technology Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

LEMBAR PENGESAHAN

KEMAMPUAN *Avicennia marina* DAN *Avicennia alba* UNTUK MENURUNKAN KONSENTRASI TEMBAGA (Cu) DI MUARA SUNGAI WONOREJO, SURABAYA

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada

Program Studi S-1 Departemen Teknik Lingkungan

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

BINTANG RESPATI DWI HARNANI

NRP 3313 100 014

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:



Harmin Sulistiyaning Titah, S.T., M.T., Ph.D.

NIP 197505232002122001.



Halaman ini sengaja dikosongkan

**Kemampuan *Avicennia marina* dan *Avicennia alba* untuk
Menurunkan Konsentrasi Tembaga (Cu) di Muara Sungai
Wonorejo, Surabaya**

Nama : Bintang Respati Dwi Harnani
NRP : 3313100014
Departemen : Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing : Harmin Sulistyaning Titah, S.T., M.T.
P.hD

ABSTRAK

Peningkatan jumlah industri dan pertumbuhan penduduk menjadi sumber pencemar utama di wilayah muara sungai. Sungai Wonorejo merupakan satu dari tujuh sungai yang bermuara ke Pantai Timur Surabaya. Penelitian terdahulu yang dilakukan pada tahun 2009 rata-rata kandungan Cu dalam sedimen di muara Sungai Wonorejo sebesar 3,186 mg/L. Pada penelitian ini akan diukur konsentrasi Cu yang terdapat pada sedimen dan akar mangrove *Avicennia marina* dan *Avicennia alba* di muara Sungai Wonorejo. Selanjutnya akan dihitung nilai *Bioconsentration Factor* (BCF) dari mangrove *A. marina* dan *A. alba* yang ada di muara sungai Wonorejo. Selanjutnya membandingkan mangrove jenis *A. marina* dan *A. alba* dalam menurunkan logam berat Cu di muara Sungai Wonorejo.

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode transek yang digunakan untuk menentukan titik pengambilan sampel akar mangrove *A. marina*, *A. alba* dan sedimen di muara Sungai Wonorejo. Akar mangrove dan sedimen dianalisis menggunakan *Atomic Absorbtion Spectrofotometer* (AAS), sebelumnya sampel akar tumbuhan dan sedimen diekstrak dengan menggunakan metode destruksi basah. Parameter pendukung yang diukur meliputi suhu menggunakan termometer, salinitas menggunakan salinometer dan pH menggunakan pH meter tanah.

Konsentrasi sedimen pada transek 1 yaitu 44,8 mg/kg. Sedangkan pada transek 2 konsentrasi sedimen yaitu 24,85.

Rata-rata konsentrasi Cu yang terakumulasi dalam mangrove *A. marina* adalah 80,78 mg/kg. Konsentrasi rata-rata Cu yang terdapat pada mangrove *A. alba* yaitu 51.5 mg/kg. Nilai BCF pada *A. marina* adalah 0,91 - 3,01 dan *A. alba* adalah 1,13 – 2,89. Nilai BCF yang melebihi 1 membuktikan bahwa *A. marina* dan *A. alba* merupakan spesies hiperakumulator untuk logam berat Cu.

Kata kunci : *A. alba* ,*A. marina*, Cu, Mangrove, Muara, Wonorejo

The Capability of *Avicennia marina* and *Avicennia alba* to Reduce Copper Concentration in Wonorejo River Estuary, Surabaya

Name : Bintang Respati Dwi Harnani
NRP : 3313100014
Departement : Environmental Engineering
Supervisor : Harmin Sulistyaning Titah, S.T., M.T.
P.hD

ABSTRACT

The increasing of industries and population growth are the main sources of contamination in the river. Wonorejo river is one of rivers in Surabaya that flow to east coast Surabaya. In 2009, the average content of Copper (Cu) in sediment at Wonorejo River estuary was about 3.186 mg/L. In this research will be measured Cu concentration from sediment and roots of *Avicennia marina* and *Avicennia alba* at Wonorejo River estuary. And then, it was calculated Bioconcentration Factor (BCF) value of *A. marina* and *A. alba* at the estuary of Wonorejo river. And then to compare mangroves of *A. marina* and *A. alba* species to reducing Cu heavy metals at the estuary of the Wonorejo river based on the BFC value.

Transect method was used to determine the sampling point of mangrove root *A. marina*, *A. alba* and sediment at estuary of Wonorejo River. Mangrove and sediment roots were analyzed using the Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) method, previously samples of roots and sediments were extracted using the wet destruction method. Parameters supporting in this research were measured include temperature using thermometer, salinity using salinometer and pH using pH meter for soil.

Based on the results, the average concentration of Cu in the sediment in transect 1 was 44,8 mg/kg, whereas in transect 2, the average Cu equal to 24,85 mg/kg. Cu concentration in *A. marina* mangrove ranged 80,78 mg/kg and at *A. alba* contained Cu equal to 51,5 mg/kg. The BCF value in *A. marina* 0,91 - 3,01 dan

A. alba was 1,13 – 2,89. BCF value indicated that *A. marina* and *A. alba* were hyperaccumulator species for Cu heavy metals.

Key word : *A. alba* ,*A. marina*, Cu, Mangrove, estuary, Wonorejo

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena berkat limpahan rahmat, berkah, dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Kemampuan *Avicennia marina* dan *Avicennia alba* untuk Menurunkan Konsentrasi Tembaga (Cu) di Muara Sungai Wonorejo, Surabaya” ini dengan tepat waktu. Tugas akhir ini dibuat guna memenuhi saah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik di Departemen Teknik Lingkungan, FTSP, ITS.

Dengan selesainya tugas akhir ini, tidak lupa penulis sampaikan terimakasih kepada pihak-pihak yang telah membantu kelancaran penyelesaian tugas akhir ini, antara lain:

1. Ibu Harmin Sulistiyaning Titah, S.T., M.T. Ph.D., selaku dosen pembimbing yang telah mengajar dan membimbing dengan penuh kesabaran.
2. Bapak Dr. Ir. R.Irwan Bagyo Santoso., M.T., Ibu Bieby Voijant Tangahu, S.T., M.T., Ph. D., dan Bapak Dr. Abdu Fadli Assomadi., S.Si, M.T selaku dosen penguji tugas akhir yang telah memberikan masukan dan bimbingannya.
3. Bapak dan Ibu di rumah yang dengan sabar selalu mendoakan anaknya.
4. Semua pihak yang telah membantu penyelesaian tugas akhir ini.

Dalam penyusunan tugas akhir ini tentunya masih terdapat banyak kekurangan, karena itu kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Ruang Lingkup	3
1.5 Manfaat	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Gambaran Sungai Wonorejo	5
2.2 Mangrove di Muara Sungai Wonorejo	6
2.3 Karakteristik Sedimen di Muara Sungai	9
2.4 Karakteristik Mangrove <i>Avicennia marina</i>	9
2.5 Karakteristik Mangrove <i>Avicennia alba</i>	11
2.6 Karakteristik Logam Berat Cu	12
2.7 Dampak Logam Berat Tembaga Terhadap Kesehatan	13
2.8 Baku Mutu yang Digunakan	14
2.9 Faktor yang Berpengaruh dalam Penyerapan Cu	15
2.10 Fitoremediasi Logam Berat dengan Mangrove	17

2.11 Pasang Surut Air Laut	20
2.12 Uji Statistika	23
2.13 Penelitian Terdahulu	24
BAB 3 METODE PENELITIAN	29
3.1 Kerangka Penelitian	29
3.2 Studi Literatur	29
3.3 Ide Penelitian	29
3.4. Persiapan Sampling	33
3.5 Penentuan Lokasi Sampling	34
3.5 Pengambilan sampel	38
3.6 Pelaksanaan Penelitian	43
3.7 Hasil dan Pembahasan.....	45
3.8 Kesimpulan dan Saran	45
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	47
4.1 Hasil Pengukuran Konsentrasi Cu	47
4.1.1 Konsentrasi Cu di Sedimen Muara Sungai Wonorejo.....	47
4.1.2 Konsentrasi Cu di Akar <i>A. marina</i> dan <i>A. alba</i> ..	52
4.2 Hasil Pengukuran Parameter Pendamping	55
4.2.1 Parameter Suhu.....	55
4.2.2 Parameter Derajat Keasaman (pH).....	56
4.2.3 Parameter Salinitas	58
4.2.4 Diameter Pohon Mangrove	59
4.3 Biokonsentrasi Faktor	61
4.4 Uji Korelasi dan Signifikansi	64

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN.....	69
5.1 Kesimpulan	69
5.2 Saran	69
DAFTAR PUSTAKA	71
Lampiran 1	81
Lampiran 2	83
Lampiran 3	85
Lampiran 4	87
Lampiran 5	91
Lampiran 6	93
Lampiran 7	99
BIOGRAFI PENULIS	101

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Peta Lokasi Mangrove Di Muara Sungai Wonorejo ..	7
Gambar 2. 2 Luasan Mangrove Muara Sungai Wonorejo	8
Gambar 2.3 Mangrove <i>A. marina</i>	10
Gambar 2.4 Mangrove <i>A. alba</i>	12
Gambar 2.5 Faktor yang Berpengaruh dalam Penyerapan Cu ..	15
Gambar 2.6 Hubungan BCF dengan konsentrasi.....	18
Gambar 2.7 Mekanisme Fitostabilisasi.....	19
Gambar 2.8 Mekanisme Fitoakumulasi	20
Gambar 2.9 Umur Optimum Mangrove Menyerap Cu	27
Gambar 3.1 Kegiatan Plotting	34
Gambar 3.2 Keadaan Saat Pengambilan Sampel	38
Gambar 3.3 Persebaran Titik Sampling.....	39
Gambar 3.4 Bor Manual	41
Gambar 3.5 Sketsa Pengambilan Sampel.....	41
Gambar 3.6 Pengambilan Sampel Sedimen	42
Gambar 3.7 Pengambilan Sampel Akar	43
Gambar 4.1 Konsentrasi Cu di Sedimen	47
Gambar 4.2 Konsentrasi Cu di Sedimen dan Baku Mutu	49
Gambar 4.3 Kontur Konsentrasi Cu di <i>A. marina</i> dan <i>A. alba</i>	51
Gambar 4.4 Konsentrasi Cu di Akar <i>A. marina</i> dan <i>A.alba</i>	52
Gambar 4.5 Suhu Sedimen	56
Gambar 4.6 pH Sedimen	57
Gambar 4.7 Uji Salinitas.....	58
Gambar 4.8 Peta Sebaran BCF Pada <i>A. marina</i> dan <i>A. alba</i>	63

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Data Kualitas Sungai Wonorejo.....	5
Tabel 2.2 Kerapatan Mangrove Wonorejo.....	6
Tabel 2.3 Hubungan Diameter dan Umur mangrove <i>A. marina</i>	9
Tabel 2. 4 Komposisi Struktur Sedimen	9
Tabel 2.5 Baku Mutu Logam Cu dalam Sedimen	14
Tabel 2.6 Katagori Nilai BCF	18
Tabel 2.7 Mekanisme Fitoteknologi	21
Tabel 2.8 Data Pasang Surut Air Laut 2015	22
Tabel 2.9 Interval Nilai Korelasi dan Kekuatan Hubungan	23
Tabel 2.10 Kandungan Cu di Mangrove <i>A. marina</i>	24
Tabel 2.11 Kandungan Cu di Sedimen Sungai Wonorejo	25
Tabel 2.12 Kandungan Cu di Akar Mangrove <i>A. marina</i>	25
Tabel 2.13 Kandungan BCF Logam Cu di Tapak, Tugurejo.....	25
Tabel 2.14 Kandungan Logam Berat di Mangrove <i>A. marina</i>	26
Tabel 2.15 Kandungan Logam Berat di Akar Mangrove <i>A. alba</i> .	26
Tabel 2.16 Kandungan Pb dan Cu di setiap lapisan Sedimen.....	27
Tabel 3.1 Titik Sampling	35
Tabel 3.2 Koordinat Titik Sampling.....	36
Tabel 3.3 Metode Penelitian.....	44
Tabel 4.1 Ukuran Diamater Mangrove.....	59
Tabel 4.2 Uji Korelasi Diameter Batang dan Konsentrasi Cu	61
Tabel 4.3 Nilai BCF	62
Tabel 4.4 Uji Korelasi	64
Tabel 4.5 Uji Signifikansi Cu Sedimen dan pH, Suhu, Salinitas .	66
Tabel 4.6 Uji Signifikansi Cu Sedimen dengan Cu di Akar	66
Tabel 4.7 Uji Signifikansi BCF dengan Diameter Batang	67

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pencemaran laut dapat dibedakan atas pencemaran pantai, estuaria dan lepas pantai. Penyebab pencemaran pantai dan estuaria sebagian besar terjadi karena kegiatan manusia di darat, sedangkan pencemaran laut lepas sering disebabkan oleh tumpahan minyak dari kegiatan transportasi kapal dan tidak menutup kemungkinan juga disebabkan dari bahan pencemar yang masuk dari sungai. Pencemaran pantai dapat disebabkan karena limbah industri (*industrial pollution*), sampah (*sewage pollution*), sedimentasi (*sedimentation pollution*), dan karena kegiatan pertanian (*agricultural pollution*) (Taftazani, 2007). Limbah petanian yang menjadi penyebab paling tinggi berasal dari insektisida dan penggunaan pupuk berlebih (Alloway, 1994). Pencemaran di kawasan ini biasanya terjadi karena bahan pencemar tersebut terbawa oleh air sungai hingga jumlahnya melebihi baku mutu yang ditentukan.

Sungai Wonorejo merupakan satu dari tujuh sungai yang bermuara ke Pantai Timur Surabaya. Sungai ini membawa limbah padat dan cair yang berasal dari industri maupun rumah tangga yang mencemari perairan estuari Pantai Timur Surabaya. Limbah yang dibuang ke sungai, terutama limbah dari industri berpotensi mengandung logam berat dan membahayakan kesehatan masyarakat (BLH, 2012). Sebagian besar logam berat yang masuk ke dalam kawasan estuari adalah tembaga (Cu), Timbal (Pb), dan Zink (Zn) (Mills, 1995). Limbah tersebut akan masuk ke ekosistem perairan dan akan terikat pada sedimen. Sedimen ini akan terakumulasi di daerah muara sungai sebelum menuju ke laut (Ali, 2009 ; BLH, 2012). Konsentrasi logam berat yang tinggi di daerah tersebut mengakibatkan peningkatan daya toksisitas (Lindsey *et al.*, 2004).

Daerah Pantai Timur Surabaya mempunyai ekosistem hutan mangrove yang kadar salinitasnya tinggi (BLH, 2012). Kawasan ini mempunyai ketinggian 0-3 meter di atas permukaan air laut (Arisandi, 2001). Rata-rata kandungan Cu dalam sedimen di muara Sungai Wonorejo sebesar 3,186 mg/L (Mulyadi *et al.*,

2009). Sedangkan pada penelitian awal yang sudah dilakukan pada tahun 2016 kandungan Cu pada sedimen muara Sungai Wonorejo adalah 22 mg/kg. Kenaikan kandungan Cu yang berada di muara Sungai Wonorejo semakin meningkat dari tahun ke tahun. Secara umum pencemaran logam berat di kawasan mangrove berasal dari limbah perkotaan, limbah pertanian, effluen Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL), effluen limbah industri, penggunaan kapal dan tumpahan bahan kimia (Peters *et al.*, 1997)

Berdasarkan Profil Keanekaragaman Hayati Kota Surabaya tahun 2012, Kawasan Pantai Timur Surabaya (Pamurbaya) ditetapkan sebagai kawasan lindung/ konservasi dalam RTRW Kota Surabaya sehingga baku mutu yang ditetapkan untuk kawasan perairan Pamurbaya adalah baku mutu air laut untuk biota laut. Baku mutu untuk Cu di wilayah biota laut ditetapkan sebesar 0.008 mg/L (Kepmen LH No 50 tahun 2004).

Muara sungai Wonorejo memiliki ketebalan hutan mangrove sekitar 10 – 20 meter (Adiwijaya, 2008). Kawasan muara sungai Wonorejo memiliki jenis mangrove yang beragam. Jenis mangrove yang ada di sekitar Sungai Wonorejo antara lain jenis *Avicennia marina*, *Avicennia alba*, *Excoecaria agalocha*, *Avicennia officinallis* dll (BLH, 2012). Mangrove merupakan jenis tumbuhan yang unik karena bisa tumbuh di kawasan salinitas tinggi (Alongi, 2008). Tumbuhan ini memiliki toleransi yang tinggi terhadap logam berat (Macfarlane dan Buchett, 2001). Akumulasi logam berat terjadi pada bagian akar, batang dan daun mangrove (Tam dan Wong, 1997 dalam MacFarlane *et al.*, 2003).

Mangrove yang ada di muara Sungai Wonorejo dapat digunakan untuk mengakumulasi logam berat yang ada di wilayah tersebut. Ma *et al.* (2001) menyatakan akumulasi logam berat dengan tumbuhan merupakan salah satu solusi yang murah biayanya, waktu yang dibutuhkan lama dan hemat tenaga yang dapat diterapkan di daerah terkontaminasi logam berat. Muara sungai Wonorejo mempunyai kadar salinitas yang tinggi sehingga tumbuhan mangrove cocok diterapkan di wilayah tersebut, selain itu penggunaan mangrove untuk mengurangi Cu juga tergolong murah (Tam dan Wong, 1997).

Pada penelitian ini akan diukur berapa kandungan Cu yang terdapat sedimen muara Sungai Wonorejo dan bagian akar mangrove *Avicennia marina* dan *Avicennia alba* yang ada di

sekitaran muara Sungai Wonorejo. Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar mangrove dapat mengakumulasi logam berat Cu. Pemilihan jenis mangrove berdasarkan jumlah populasi dominan yang ada di sekitar muara sungai Wonorejo.

1.2 Rumusan Masalah

Pembuangan limbah industri khususnya Cu ke dalam badan air Sungai Wonorejo sangat membahayakan lingkungan karena logam berat Cu bisa mengendap di muara sungai. Pada muara Sungai Wonorejo terdapat kawasan mangrove yang mempunyai fungsi untuk memecah gelombang air laut dan mencegah intrusi air laut. Selain fungsi tersebut kawasan mangrove juga dapat berfungsi untuk meremediasi logam berat termasuk di antaranya Cu. Tetapi belum ada data terkini mengenai berapa besar Cu yang bisa diserap oleh mangrove *A. marina* dan *A. alba* yang ada di muara sungai Wonorejo.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Menentukan konsentrasi Cu yang terdapat pada sedimen, akar mangrove *A. marina* dan *A. alba* di muara Sungai Wonorejo.
2. Menentukan nilai BCF dari mangrove *A. marina* dan *A. alba* yang ada di muara sungai Wonorejo.

1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dalam penelitian ini:

1. Sampling dilakukan di sepanjang muara sungai Wonorejo, Surabaya, Jawa Timur
2. Penelitian dilakukan di Laboratorium Remediasi Lingkungan Departemen Teknik Lingkungan ITS FTSP ITS.
3. Ekstrak sedimen dan akar mangrove *A. marina* dan *A. alba* menggunakan metode destruksi basah.
4. Analisis kandungan logam berat Cu dilakukan dengan teknik *Atomic Absorbtion Spectrofotometer* (AAS) di Laboratorium Teknik Kimia

5. Sampel yang diambil adalah sedimen dan akar mangrove diperoleh dari muara Sungai Wonorejo.
6. Parameter yang diteliti adalah pH, suhu, salinitas dan konsentrasi Cu.
7. Variabel yang digunakan:
 - Sedimen di transek 1 yang ada di muara Sungai Wonorejo, sedimen di transek 2 muara Sungai Wonorejo, akar mangrove *A.marina* dan *A. alba*.
 - Variasi jenis mangrove : *Avicennia marina* dan *Avicennia alba*.
8. Aspek lingkungan: *Standard for Sediment Quality* dari Kanada dan Thailand.
9. Aspek Teknis: jenis mangrove, ketebalan mangrove, dan pasang surut air laut, dan diameter batang mangrove.

1.5 Manfaat

1. Memberikan informasi ilmiah tentang jenis mangrove yang efektif untuk mengakumulasi logam Cu di muara Sungai Wonorejo.
2. Rekomendasi untuk Dinas Lingkungan Hidup Kota Surabaya mengenai jenis mangrove yang mampu untuk menurunkan logam berat Cu.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gambaran Sungai Wonorejo

Sungai Wonorejo merupakan salah satu sungai yang berada di wilayah Surabaya. Sungai Wonorejo mempunyai panjang 13,17 km dan lebar 5-8 m. Sumber cabang dari Kali Surabaya di Kecamatan Jambangan mengalir ke timur melewati Kecamatan Wonocolo, Kecamatan Tenggilis Mejoyo, Kecamatan Rungkut dan bermuara di pantai Timur Surabaya. Sungai Wonorejo ini mempunyai cabang Kali Rungkut di wilayah Rungkut. Lokasi Sampling Sungai Wonorejo terletak di Jembatan Kedung Baruk Utara (BLH, 2016). Pelaksanaan sampling dilakukan 3 kali dalam satu tahun. Sungai Wonorejo hanya mempunyai satu titik sampling untuk uji kimia dan fisik Berikut adalah kualitas Sungai Wonorejo tahun 2015 dan 2016 seperti Tabel 2.1

Tabel 2.1 Data Kualitas Sungai Wonorejo

Tahun	Parameter	Feb	Juni	Sept	Nov	Baku mutu sungai kelas IV
2015	Suhu (°C)	31,2	30,4	29,4	-	-
	pH	7	7	6,86	-	6-9
	BOD ₅ (mg/L)	16,4	29,1	34,5	-	12
	DO (mg/L)	2,5	2	0,7	-	>0
	COD (mg/L)	39,4	75	87,2	-	100
	Cu	<0,0169	<0,0169	<0,0169	-	<0.2
2016	Suhu (°C)	33,4	30,7	33,1	32,9	-
	pH	7,63	7,15	7,55	7,3	6-9
	BOD ₅ (mg/L)	22,4	5,71	42,7	19,9	12
	DO (mg/L)	3,4	1,8	1,4	1,7	>0
	COD (mg/L)	56,4	12,7	101,9	47,4	100
	Cu	<0,0169	<0,0169	<0,0169	-	<0.2

Sumber : BLH, 2016

Perairan estuaria muara Sungai Wonorejo memiliki geomorfologi yang mengalami proses pembentukan bentang alam oleh akumulasi sedimen (akrasi) dikarenakan banyak suplai sedimen yang terbawa aliran sungai yang bermuara disana. Hal ini ditunjukkan oleh adanya hamparan dataran lumpur yang terlihat jika air laut surut. Muara Sungai Wonorejo memiliki vegetasi mangrove dengan ketebalan 15-20 meter kearah daratan. Sedimen berupa lumpur halus dan lapisan dalam berwarna kehitaman (Mulyadi *et al.*, 2009).

2.2 Mangrove di Muara Sungai Wonorejo

Ekosistem mangrove Wonorejo termasuk dalam daerah Pantai Timur Surabaya. Kondisi mangrove saat ini secara kualitatif berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 201 tahun 2004 tentang kriteria baku dan pedoman penentuan kerusakan mangrove untuk populasi pohon mangrove di Wonorejo bisa dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Kerapatan Mangrove Wonorejo

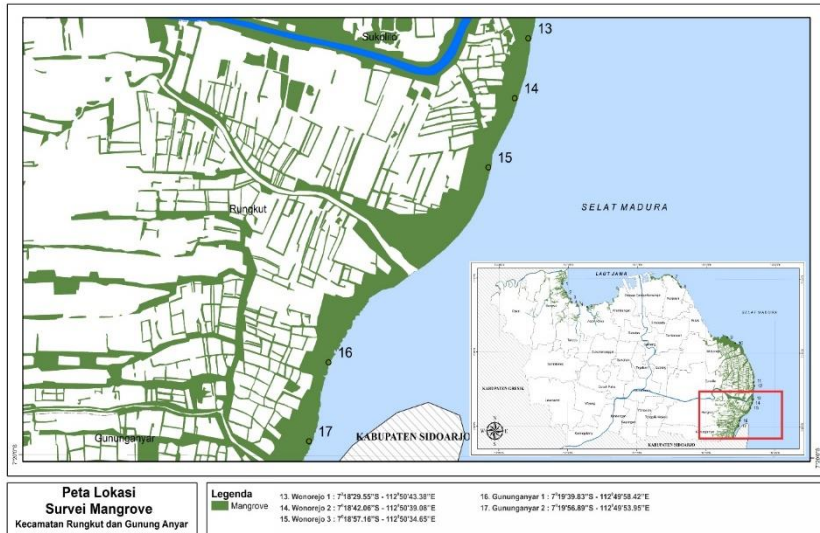
Kerapatan	Jumlah Spesies Semua Plot
<i>Avicennia marina</i>	397
<i>Avicennia alba</i>	48
<i>Excoecaria agalocha</i>	1
<i>Avicencia officinalis</i>	1
<i>Sonneratia alba</i>	1
Total	448
Jumlah Spesies semua plot/luas (Pohon/Ha)	1600

Sumber: BLH, 2012

Berdasarkan Tabel 2.2 di atas dapat disimpulkan bahwa mangrove di daerah Wonorejo pada level baik-sangat padat dimana mangrove wilayah ini mempunyai kerapatan >1500 pohon/Ha (BLH, 2012). Berikut merupakan peta lokasi survei mangrove yang dilakukan oleh Dinas Lingkungan Hidup Kota Surabaya tahun 2016 di sekitar muara Sungai Wonorejo pada Gambar 2.1.

Berdasarkan citra satelit didapatkan perubahan luasan muara sungai di kawasan Wonorejo. Adanya penanaman mangrove di sekitar muara sungai Wonorejo berdampak pada

luasan hutan mangrove yang ada. Perubahan yang paling terlihat terjadi pada tahun 2009 yang bisa di lihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.1 Peta Lokasi Mangrove Di Muara Sungai Wonorejo
Sumber : BLH, 2016

Pada Gambar 2.2a yang diambil tanggal 7 November 2009 terlihat kerapatan hutan mangrove di muara Sungai Wonorejo rendah. Sedangkan pada Gambar 2.2b terlihat penanaman mangrove sudah mulai dilakukan sehingga kerapatan tumbuhan mangrove lebih tinggi dari sebelumnya. Dari gambar tersebut juga dapat disimpulkan telah ada penanaman mangrove mulai dari tahun 2009. Gambar lengkap *history google earth* dapat dilihat pada Lampiran 3. *History google earth* dapat digunakan untuk mengetahui rata-rata umur mangrove yang ada di kawasan tersebut meskipun tidak secara tepat. Mangrove yang ada di sekitar muara Sungai Wonorejo umurnya lebih dari 10 tahun. Pada tahun 2016 tidak terjadi perubahan yang signifikan terhadap hutan mangrove Wonorejo. Setiap tahun pada kawasan muara Sungai Wonorejo tetap dilakukan penanaman mangrove yang sistemnya disisipkan diantara tumbuhan mangrove yang sudah tua. Hal ini dikarenakan mangrove pionir atau yang sudah tua dapat memecah

gelombang laut yang dapat mengganggu pertumbuhan mangrove yang baru ditanam.



(a)



(b)



(c)

(a) Keadaan muara Sungai Wonorejo pada 7 November 2009 ; (b)
Keadaan muara Sungai Wonorejo pada tanggal 11 Desember 2009 ; (c)
Keadaam muara Sungai pada tahun 2016

Gambar 2. 2 Luasan Mangrove Muara Sungai Wonorejo

Sumber : Google Earth, 2016

Selain data *google earth*, umur mangrove yang ada di muara Sungai Wonorejo juga dapat diperkirakan menggunakan diameter pohon mangrove. Hal ini sesuai dengan penelitian Nazim *et.al* (2013) yang meneliti mengenai umur dan laju pertumbuhan mangrove *A. marina* di Pakistan. Pada penelitian tersebut diukur *Diameter at breast Height* (DBH) yaitu diameter pohon yang diukur

setinggi dada. Hubungan diameter mangrove dengan umur mangrove dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Hubungan Diameter dan Umur mangrove *A. marina*

Tempat	Rentang DBH (cm)	Rentang Umur (tahun)
Sands Pit	12,73-18,24	12-20
Port Qasim	10,70-30,24	11-32
Korangi Crossing	8,28-12,16	10-15
Kemari	18,15-32,80	18-23
Sonmiani	19,49-25,03	14-23
Ketti Bunder	7,64-19,84	12-17

Sumber : Nazim *et. al*, 2013

2.3 Karakteristik Sedimen di Muara Sungai

Karakteristik sedimen di muara sungai di Indonesia didominasi oleh tanah liat dan pasir. Komposisi stuktur sedimen setiap perairan berbeda beda. Daerah perairan yang mempunyai muara sungai didominasi stuktur tanah liat karena terdapat endapan lumpur yang terbawa arus sungai. Sedangkan daerah perairan yang didominasi pantai stuktur sedimennya didominasi oleh pasir. Berikut merupakan komposisi stuktur sedimen di beberapa wilayah Indonesia ditampilkan dalam Tabel 2.4

Tabel 2. 4 Komposisi Struktur Sedimen

No	Daerah	Stuktur Sedimen
1	Muara Sungai Kebon Agung, Gunung Anyar ^a	Liat 71%, debu 28%, pasir 1%
2	Pantai Bana, Situbondo ^a	Liat 20%, debu 18%, pasir 62%
3	Muara Angke, Jakarta ^b	Liat 30,5%-62,4%, debu 21,7%-35,6%, pasir 2%-39,5%

Sumber : ^aArisandy *et. al*, 2012

^bHamzah dan Setiawan, 2010

2.4 Karakteristik Mangrove *Avicennia marina*

A. marina merupakan spesies mangrove yang hidup di wilayah tropis, sub tropis, rawa dan tepi sungai (Purnobasuki dan Suzuki, 2005). *A. marina* memiliki akar napas (*pneumatofore*) yang merupakan akar percabangan yang tumbuh dengan jarak teratur

secara vertikal dari akar horizontal yang tertanam di dalam tanah. Disamping akar napas *A. marina* juga mempunyai akar nutrisi yang arah tumbuhnya kedalam tanah. Reproduksi bersifat *kryptovivipary*, yaitu biji tumbuh keluar dari kulit biji saat masih mengantung pada tanaman induk, tetapi tidak keluar menembus buah sebelum biji jatuh ke tanah. Persebaran *A. marina* tumbuh di Afrika, Asia, Amerika Selatan, Australia, Polynesia dan Selandia Baru. *A. marina* dapat ditemukan di seluruh Indonesia. Daun digunakan untuk mengatasi kulit yang terbakar. Resin yang keluar dari kulit kayu digunakan sebagai alat kontrasepsi. Buah dapat dimakan. Kayu menghasilkan bahan kertas berkualitas tinggi. Daun digunakan sebagai makanan ternak (Noor *et. al*, 2012). Gambar 2.3 menunjukkan mangrove *A. marina*.



Gambar 2.3 Mangrove *A. marina*

Sumber : Yudasakti *et al.* (2014) dan Halidah (2014)

Taksonomi *A. marina* menurut Puspayanti *et al* (2013) adalah sebagai berikut
 Kingdom : Plantae
 Divisio : Magnoliophyta
 Clasis : Magnoliopsida
 Ordo : Scrophulariales
 Familia : Verbenaceae
 Genus : *Avicennia*
 Species : *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh

Buah *A. marina* berbentuk bulir seperti mangga, ujung buah tumpul dan panjang 1 cm, daun berbentuk elips dengan ujung tumpul dan panjang daun sekitar 7 cm, lebar daun 3 - 4 cm, permukaan atas daun berwarna hijau mengkilat dan permukaan bawah berwarna hijau abu-abu dan suram. Daun *A. marina* lebih tebal dari pada *A. alba*. Bentuknya semak atau pohon dengan tinggi 12 m dan kadang-kadang mencapai 20 m, memiliki akar napas yang berbentuk seperti pensil, bunga bertipe majemuk dengan 8-14 bunga setiap tangkai (Halidah, 2014).

A. marina merupakan salah satu jenis mangrove yang mempunyai potensi sebagai spesies fitoremediasi logam berat dalam banyak ekosistem mangrove. *A. marina* juga mempunyai kemampuan adaptasi terhadap lingkungan yang tinggi (Martuti dan Irsandi, 2014; Kumar *et al.*, 2011). Mangrove ini juga memiliki kemampuan menempati dan tumbuh pada berbagai habitat pasang-surut air laut. *A. marina* dapat tumbuh pada salinitas 0-30 ppt oleh karena itu *A. marina* tumbuh paling depan segaris dengan bibir pantai karena tahan terhadap salinitas tinggi (Halidah, 2014).

2.5 Karakteristik Mangrove *Avicennia alba*

A. alba adalah spesies mangrove yang mendominasi area pinggir sungai. Biasanya terletak dibelakang *A. marina*. Sistem perakaran mangrove ini termasuk kompleks, ada empat tipe perakaran yang dimiliki *A. alba* yaitu pneumatophore, akar kabel, akar makanan/akar nutrisi dan akar jangkar. Akar kabel bergerak secara horizontal menjauhi pohon, akar pneumatophores tumbuh ke atas untuk memperoleh udara (Rodtassana dan Poungparn 2012).

A. alba biasanya ditemukan jauh dari wilayah salinitas tinggi karena mangrove jenis ini tidak tahan terhadap salinitas tinggi. Diameter batang *A. alba* bisa mencapai 40 cm dengan tinggi 4 meter (Ito *et al.*, 2000). Penyebarannya diitemukan di seluruh Indonesia. Dari India sampai Indo Cina, melalui Malaysia dan Indonesia hingga ke Filipina, PNG dan Australia tropis (Noor *et al.*, 2012). *A. alba* merupakan salah satu mangrove pionir yang tumbuh untuk melindungi mangrove yang berada dibelakangnya dari gelombang air laut. Gambar 2.4 menunjukkan mangrove *A. alba*.



Gambar 2.4 Mangrove *A. alba*

Sumber : Yudasakti *et al.* (2014)

Taksonomi *A. alba* menurut Puspayanti *et al* (2013) adalah sebagai berikut

Kingdom : Plantae

Divisio : Magnoliophyta

Clasis : Magnoliopsida

Ordo : Scrophulariales

Familia : Verbenaceae

Genus : *Avicennia*

Species : *Avicennia alba* Blume

2.6 Karakteristik Logam Berat Cu

Tembaga adalah unsur kimia dengan simbol Cu dengan nomor atom 29 dan massa atom relative 63,54. Tembaga ditemukan sebagai bijih tembaga yang masih bersenyawa dengan zat asam, asam belerang atau bersenyawa dengan kedua zat tadi

(Setyowati *et al.*, 2003). Secara biologis Cu tersedia dalam bentuk Cu^+ dan Cu^{2+} dalam garam anorganik dan kompleks anorganik. Proses perpindahan Cu dengan konsentrasi relatif tinggi dari lapisan tanah bumi ditentukan oleh cuaca, proses pembentukan tanah, potensial oksidasi reduksi, jumlah bahan organik di tanah dan pH (Whitacre, 2011).

Paria dan Yuet (2006), menyatakan bahwa logam Cu termasuk logam berat esensial, meskipun beracun tetapi sangat dibutuhkan makhluk hidup dalam jumlah kecil. Toksisitas yang dimiliki Cu akan bekerja bila telah masuk ke dalam organisme dalam jumlah besar atau melebihi batas toleransi organisme terkait. Secara alamiah Cu masuk ke dalam perairan dari peristiwa erosi, pengikisan batuan, hujan.

Logam berat Cu, merupakan salah satu logam berat yang banyak dimanfaatkan dalam industri, terutama dalam industri elektroplating, tekstil dan industri logam (paduan). Ion $\text{Cu}(\text{II})$ dapat terakumulasi di otak, jaringan kulit, hati, pankreas dan miokardium. Keberadaan unsur tembaga di alam dapat ditemukan dalam bentuk logam bebas, akan tetapi lebih banyak ditemukan dalam bentuk persenyawaan. Cu termasuk ke dalam kelompok logam esensial, dimana dalam kadar yang rendah dibutuhkan oleh organisme sebagai koenzim dalam proses metabolisme tubuh, sifat racunnya baru muncul dalam kadar yang tinggi (Rochayatun *et al.*, 2006).

2.7 Dampak Logam Berat Tembaga Terhadap Kesehatan

Perpindahan logam berat dari lingkungan ke organisme dan dari organisme satu ke organisme lain terjadi melalui rantai makanan. Logam berat yang terkandung dalam perairan suatu saat akan mengendap di dasar perairan dan membentuk sedimen. Akibatnya biota laut yang mencari makan kemungkinan besar akan terkontaminasi logam berat. Jika dikonsumsi secara terus menerus akan menyebabkan keracunan dalam tubuh (Setiawan dan Subiandono, 2015).

Logam Cu merupakan salah satu logam esensial yang Diperlukan oleh makhluk hidup untuk metabolisme. Cu yang dibutuhkan oleh makhluk hidup jumlahnya sangat sedikit, walaupun sedikit jika tidak terpenuhi akan menimbulkan masalah. Kandungan logam Cu yang melebihi batas dapat menyebabkan

keracunan. Disamping keracunan kelebihan Cu juga menyebabkan anemia, kerusakan hati, kerusakan ginjal, kerusakan tulang, kemandulan, depigmentasi rambut, pertumbuhan yang terganggu dan gangguan gastrointestinal (Darmono dan Bahri,1989).

2.8 Baku Mutu yang Digunakan

Pada Penelitian Indonesia tidak mempunyai baku mutu yang spesifik mengenai sedimen dikawasan estuary. Indonesia hanya memiliki baku mutu air laut yang tertuang pada Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 Tentang Baku Mutu Air Laut sehingga digunakan perbandingan baku mutu dari berbagai negara.

Baku mutu untuk sedimen digunakan perbandingan dari berbagai sumber karena di Indonesia tidak tercantum peraturan baku mutu sedimen. Berikut beberapa baku mutu sedimen yang ada di beberapa negara ditunjukkan pada Tabel 2.7

Tabel 2.5 Baku Mutu Logam Cu dalam Sedimen

No	Standar Kualitas Sedimen	Range	satuan	Logam Cu
1	EPA sediment Quality ^a	<i>Non polluted</i>	mg/kg	<25
		<i>Slightly Polluted</i>	mg/kg	25-50
		<i>Severely Poluted</i>	mg/kg	>50
2	<i>Polution Control Departement of Thailand^c</i>	-	mg/kg	25
3	<i>Sediment quality criteria guideline^a</i>	<i>ISQG-low</i>	mg/kg	16
		<i>ISQG-hight</i>	mg/kg	110
4	<i>Canadian Council of Miniter of Environment (CCME)^b</i>	-	mg/kg	18,7

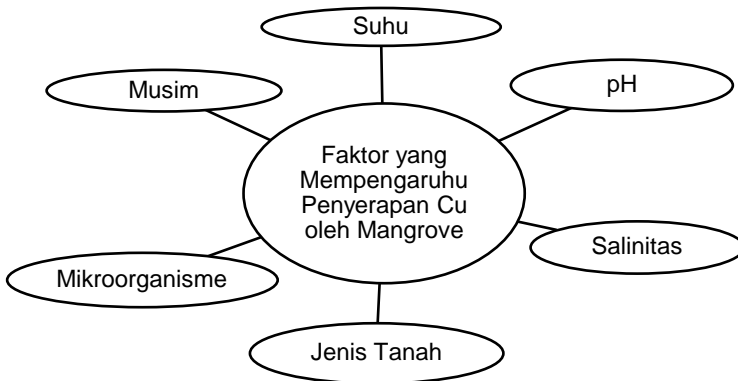
Sumber :

^aSuny *et al.*, 2011

^bCanadian Council of Minister of theEnvironment CCME, 2001

^cWangcharoenrung, 2015

2.9 Faktor yang Berpengaruh dalam Penyerapan Cu



Gambar 2.5 Faktor yang Berpengaruh dalam Penyerapan Cu

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi penyerapan logam berat oleh mangrove antara lain.

a. Suhu

Pada penyerapan logam berat Cu semakin tinggi suhu maka penyerapan logam berat Cu oleh mangrove semakin besar. Kenaikan suhu akan mengurangi proses adsorpsi senyawa logam berat menjadi bentuk partikulat. Pada suhu yang lebih dingin akan meningkatkan adsorpsi logam berat ke partikulat untuk mengendap di dasar laut. Sementara saat suhu naik, senyawa logam berat akan melarut karena terjadi penurunan laju adsorpsi kedalam partikulat (Hogarth, 1999; Greger, 2004). Peningkatan suhu juga menyebabkan penurunan kelarutan gas, misalnya O_2 . O_2 digunakan oleh mikroorganisme untuk proses metabolisme (Arisandy *et. al*, 2012).

b. pH

Pada pH rendah, logam umumnya berada dalam bentuk kation bebas, sedangkan pada pH tinggi logam cenderung mengendap sebagai hidroksida tidak larut ($Cu(OH)_2$) atau karbonat. pH yang cenderung tinggi akan mendorong pengendapan logam-logam sehingga kadar logam berat dalam sedimen umumnya lebih tinggi.

c. Salinitas

Salinitas tidak selalu tetap. Nilai salinitas berfluktuasi tergantung pada musim, topografi, pasang surut, dan jumlah air tawar. Salinitas merupakan gambaran jumlah garam dalam suatu perairan. Salinitas yang tinggi dapat menyebabkan rendahnya konsentrasi logam berat dan sebaliknya (Marques *et. al*, 2014). Nilai salinitas perairan tawar biasanya kurang dari 0,5‰, perairan payau antara 0,5‰ - 30‰, dan perairan laut 30‰ - 40‰. Pada perairan pesisir, nilai salinitas sangat dipengaruhi oleh masukan air tawar dari sungai (Effendi, 2003).

d. Jenis tanah

Kondisi tekstur sedimen sangat mempengaruhi laju pengendapan, pada daerah yang dekat dengan Muara, maka kondisi teksturnya dominan lumpur dan liat, dan bila daerah itu semakin jauh dari muara sungai, maka tekstur sedimen dominan berpasir (Efriyeldi, 1999). Tekstur sedimen mempengaruhi nilai-nilai konsentrasi kimia sedimen permukaan seperti pH sedimen. Menurut Haque dan Subramanian (1982), jenis tanah yang bagus untuk mengikat logam berturut-turut yaitu pasir <lumpur <tanah liat.

e. Mikroorganisme

Salah satu yang mempengaruhi pH sedimen dikawasan mangrove yaitu aktivitas dekomposisi oleh bakteri. Bakteri yang berperan untuk mendekomposisi serasah daun mangrove seperti *Bacillus subtilis* dan *Serratia marcescens*. Hasil dekomposisi serasah daun mangrove yaitu asam amino dan asam alifatik.

Mangrove mempunyai kemampuan mengabsorpsi logam berat, dalam berkerja mengabsorpsi logam berat mangrove dibantu oleh rhizobakteri. Rhizobakteri yang dapat hidup di akar mangrove *Avicennia* antara lain *Bacillus*, *Amphibacillus*, *Lampropedia*, *Azotobacter*, dan *Salmonella*. Mekanisme akumulasi logam berat pada pengkhelet logam yaitu siderofor (Zulaika, *et. al*, 2012).

f. Musim

Di Indonesia hanya mengenal dua musim, musim penghujan dan musim kemarau. Hubungan kedua musim tersebut dengan ketersediaan Cu di muara sungai sangat berkaitan. Pada musim penghujan konsentrasi Cu sedimen akan semakin berkurang dan sebaliknya pada musim kemarau konsentrasi Cu akan meningkat.

Hal ini disebabkan karena pada saat musim kemarau pH sedimen semakin rendah (Sarasiab *et al.*, 2014).

2.10 Fitoremediasi Logam Berat dengan Mangrove

Kontaminan pada wilayah pantai sering terkonsentrasi di dalam sedimen karena adanya transportasi sungai dan aktifitas manusia yang menghasilkan limbah (Collen *et al.*, 2011; Martuti dan Irsandi, 2014). Konsentrasi logam berat yang sering di temukan meliputi Pb, Cd, Cu dan Cr, jenis logam berat tersebut biasanya ditemukan dalam sedimen muara sungai (Arifin dan Fadhlina, 2009). Beberapa studi membuktikan mangrove bisa menyerap logam berat yang masuk ke sistem perakarannya (Sandilyan dan Kathiresan, 2014).

Mangrove bukan saja mampu tumbuh di tanah dengan konsentrasi tercemar logam berat yang tinggi tetapi juga dapat mengumpulkan atau mengakumulasi unsur logam berat tersebut ke dalam akar, batang dan daun (Krbek *et al.*, 2011; Martuti dan Irsandi, 2014). Logam berat akan terakumulasi di akar, dan hanya sedikit yang menuju daun. Akar juga berperan sebagai dinding penahan untuk mengisolasi dan melindungi logam berat dari bagian mangrove yang sensitive terhadap logam berat. Konsentrasi logam berat di akar mangrove secara signifikan akan lebih tinggi dari bagian lain (Tam dan Wong, 1997).

Akumulasi Cu di jaringan daun diikuti hubungan yang linear dengan konsentrasi sedimennya, jika konsentrasinya rendah maka akumulasinya juga rendah. Cu menunjukkan pergerakan yang lambat ke jaringan daun (Macfarlane *et al.*, 2002). Kemampuan akumulasi logam berat yang bisa dilakukan oleh mangrove berbeda setiap jenisnya. Mobilitas dan kelarutan logam berat juga berpengaruh terhadap akumulasi logam berat dalam mangrove (Tam dan Wong, 1996).

Mekanisme fitoteknologi penyerapan kontaminan berbeda setiap kondisi yang ada di lapangan. Faktor- faktor yang mempengaruhi perbedaan mekanisme fitoteknologi yaitu jenis kontaminan, kondisi lahan, dan regulasi yang berlaku. Fitoteknologi juga mencakup jenis kontaminan yang bisa diserap seperti anorganik atau organik dan media polutan yang ada. Mekanisme fitoteknologi dibagi menjadi 5 bagian. Berikut merupakan mekanisme fitoteknologi dapat dilihat pada Tabel 2.6

Biokonsentrasi faktor untuk logam berat dapat dihitung seperti berikut

$$BCF_{akar} = C_{akar} / C_{sedimen} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana C akar merupakan konsentrasi di akar mangrove dan C sedimen merupakan konsentrasi di sedimen. (Usman dan Muhamed, 2009).

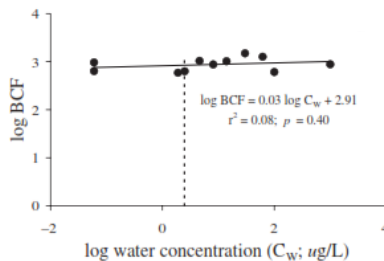
Nilai BCF yang didapatkan akan menentukan katagori dari sampel yang ada. Katagori nilai BCF dapat dilihat pada Tabel 2.5

Tabel 2.6 Katagori Nilai BCF

Katagori	Rentang
Tanaman akumulator tinggi	1-10
Tanaman akumulator sedang	0,1 – 1
Tanaman akumulator rendah	0,01 – 0,1
Tanaman bukan akumulator	< 0,01

Sumber : Bini *et. al*, 1995 ; Titah *et. al*, 2016

Kenaikan atau penurunan nilai konsentrasi di media tidak berpengaruh pada nilai BCF, hal ini karena nilai BCF adalah konstan. Namun ada faktor-faktor lain yang menyebabkan kemampuan mangrove menyerap logam berat akan bertambah atau berkurang seperti umur, pH, salinitas, dan suhu (Arnot, 2006). Berikut merupakan gambar hubungan BCF dengan konsentrasi yang dapat dilihat pada Gambar 2.6



Gambar 2.6 Hubungan BCF dengan konsentrasi

Sumber : Arnot, 2006

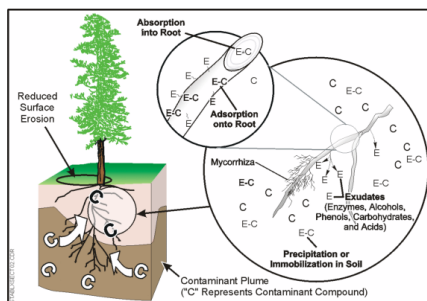
Vegetasi khususnya mangrove mempunyai mekanisme untuk menghadapi konsentrasi logam berat yang tinggi disekitarnya yaitu dengan ameliorasi dan toleransi. Ameliorasi adalah meminimumkan pengaruh toksin yang bisa dilakukan

dengan melokalisasi toksin pada organ tertentu, dalam hal ini biasanya logam yang diserap disimpan dalam vakuola. Toleransi pada mangrove dilakukan dengan mengembangkan sistem metabolik yang dapat berfungsi pada konsentrasi toksik (Setiawan dan Subiandono, 2015).

Mekanisme fitoteknologi dibagi menjadi beberapa mekanisme seperti Tabel 2.6. Faktor-faktor yang mempengaruhi fitoteknologi yaitu kondisi sedimen, iklim, penggunaan spesies tumbuhan dan mikororganisme di rhizosphere. Berikut merupakan mekanisme fitoteknologi yang biasanya digunakan untuk penyerapan logam berat tersebut antara lain

a. Fitostabilisasi

Fitostabilisasi adalah mekanisme menggunakan tumbuhan untuk mereduksi mobilitas logam berat. Proses mereduksi mobilitas logam berat ini dilakukan di zona akar. Setelah proses imobilitas terjadi kontaminan diadsorpsi dan terakumulasi pada akar tumbuhan. Mekanisme ini cocok digunakan pada logam berat atau bahan organik. Faktor yang mempengaruhi dalam fitostabilisasi antara lain erosi tanah dan aliran air permukaan (ITRC, 2001).



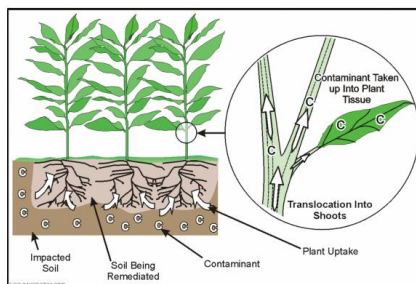
Gambar 2.7 Mekanisme Fitostabilisasi

Sumber : ITRC, 2001

b. Fitoakumulasi

Fitoakumulasi adalah mekanisme penyerapan logam berat oleh tumbuhan yang dilakukan melalui akar kemudian di translokasi ke batang atau daun. Penggunaan fitoakumulasi untuk meremediasi logam berat dipilih berdasarkan kemampuan akar untuk

mengabsorpsi logam berat, translokasi dan konsentrasi logam berat didalam tanah. Faktor lingkungan yang mempengaruhi fitoakumulasi yaitu pH dan salinitas dan suhu (Marques *at. al*, 2014).



Gambar 2.8 Mekanisme Fitoakumulasi

Sumber : ITRC, 2001

2.11 Pasang Surut Air Laut

Pasang surut air laut mempengaruhi luasan mangrove yang terendam air laut dan pertumbuhan mangrove yang ada. Mangrove berfungsi menahan sedimen yang berasal dari daratan sehingga tidak langsung menuju ke laut. Ketika pasang terjadi sedimen yang terendapkan akan tertutupi oleh air pasang begitupun juga akar pneumatophore yang ada pada mangrove akar terendam air yang pasang. Tetapi jika surut terjadi sedimen yang berada di sekitar mangrove dan akar pneumatophore mangrove akan terlihat.

Pasang surut air laut berpengaruh terhadap penyebaran jenis-jenis mangrove. Komposisi flora hutan mangrove sangat dipengaruhi oleh periode pasang surut laut ini (Tjardhana dan Purwanto, 1995). Pasang surut air laut juga akan membagi zonasi dari mangrove itu sendiri. Menurut Arief (2003), zonasi mangrove dimulai dari arah laut ke daratan sebagai berikut :

- a. Zona *Avicennia*, terletak di lapisan paling luar dari hutan mangrove. Tanah pada zona ini lebih berlumpur dan mengandung salinitas tinggi. Perakaran mangrove yang tumbuh di zona ini tergolong kuat karena tahan terhadap ombak laut. Mangrove yang ada di zona ini disebut mangrove pionir karena melindungi mangrove-mangrove yang terletak di bekangnya.

Mekanisme	Proses	Media	Tipikal Polutan	Tipe Tanaman
Fitostabilisasi	Kontaminan	Tanah, Sedimen, lumpur	As, Cd, Cr, Cu, Pb, Zn	Spesies tanaman merambat, rumput, pohon, spesies tanaman <i>wetland</i>
Rhizodegradasi	Remediasi dengan detruksi	Tanah, Sedimen, lumpur, air tanah	Komponen organik (TPH, PAHs, BTEX, pestisida, <i>Clorinated Solvent</i> , PCBs)	Spesies tanaman merambat, rumput, pohon, spesies tanaman <i>wetland</i>
Fitoakumulasi	Remediasi dengan ekstraksi dan penangkapan	Tanah, Sedimen, lumpur	Metal : Au, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Zn, Radionuclides, ⁹⁰ Sr, ¹³⁷ Cs, ²³⁹ Pu, ^{234,238} U	Spesies tanaman merambat, rumput, pohon, spesies tanaman <i>wetland</i>
Fitodegradasi	Remediasi dengan destruksi	Tanah, Sedimen, lumpur, air tanah, air permukaan	Komponen Organik, <i>Clorinated Solvent</i> , phenols, pestisida, munitions	Alga, tanaman merambat, rumput, pohon, spesies tanaman <i>wetland</i>
Rizhostabilisasi	Remediasi dengan ekstraksi dari media dan dilepaskan ke udara	Tanah, Sedimen, lumpur, air tanah	<i>Clorinated Solvent</i> , MTBE, beberapa anorganik (Se, Hg, As)	Spesies tanaman merambat, rumput, pohon, spesies tanaman <i>wetland</i>
Evapotranspirasi	Kontaminan dan kontrol pengikisan	Air tanah, air permukaan, air hujan	Organik terlarut dalam air, anorganik	Spesies tanaman merambat, rumput, pohon, spesies tanaman <i>wetland</i>

Tabel 2.7 Mekanisme Fitoteknologi

Sumber : ITRC, 2001

Zona Rhizophora, terletak dibelakang zona Avicennia. Kadar garam pada zona ini lebih rendah tetapi masih terkena pasang surut air laut.

- b. Zona Bruguiera, terletak dibelakang zona Rhizophora. Pada zona ini tanah yang ada sedikit lebih keras karena tidak setiap saat terkena pasang surut air laut.

Tipe pasang surut ditentukan oleh frekuensi air pasang dan surut setiap hari. Jika perairan tersebut mengalami satu kali pasang dan surut dalam sehari, maka kawasan tersebut dikatakan bertipe pasang surut tunggal. Jika terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dalam sehari, maka tipe pasang surutnya dikatakan bertipe ganda. Tipe pasang surut lainnya merupakan peralihan antara tipe tunggal dan ganda yang disebut tipe campuran (Dahuri, 1996). Tabel pasang surut air laut kawasan pantai timur Surabaya tahun 2015 yang bisa dilihat pada Tabel 2.7.

Tabel 2.8 Data Pasang Surut Air Laut 2015

Bulan	Pasang Maksimum		
	Tinggi muka air (cm)	Tanggal	Pukul (WIB)
Januari	29	19	22.00
Februari	29	19	23.00
Maret	27	19	22.00
April	28	18	10.00
Mei	29	17	10.00
Juni	29	4	11.00
Juli	29	2	10.00
Agustus	29	1	11.00
September	27	28	23.00
Oktober	29	28	23.00
Nopember	29	24	21.00
Desember	29	23	21.00
Bulan	Surut minimum		
	Tinggi muka air (cm)	Tanggal	Pukul (WIB)
Januari	1	6	6.00

Februari	2	3	5.00
Maret	4	3	4.00
April	4	19	17.00
Mei	2	18	17.00
Juni	1	16	17.00
Juli	1	15	17.00
Agustus	2	1	18.00
September	4	10	16.00
Oktober	3	28	5.00
Nopember	1	27	6.00
Desember	1	25	5.00

Sumber : BMKG,2016

Dari data tersebut tinggi muka air laut maksimum yaitu 29 cm dan muka air minimum yaitu 1 cm. Pasang maksimum terjadi sekitar pukul 21.00 WIB sedangkan air surut sekitar pukul 4.00 WIB. Data pasang surut air laut digunakan untuk pengambilan sampel dilapangan.

2.12 Uji Statistika

Uji statistika yang digunakan dalam penelitian ini adalah uji korelasi dan uji signifikansi. Uji korelasi merupakan teknik statistik yang digunakan untuk menguji ada tidaknya hubungan serta arah hubungan dari dua variabel atau lebih. Untuk menganalisis hubungan antara variabel bebas terhadap variabel terikat digunakan teknik korelasi, teknik regresi sederhana dan regresi linier berganda. Dengan teknik korelasi akan diperoleh kuat tidaknya korelasi antara variabel bebas dengan variabel terikat. Selanjutnya dengan teknik regresi akan diperoleh persamaan hubungan dalam bentuk persamaan linier yang dimaksudkan sebagai persamaan yang dapat mengestimasi hubungan variabel bebas dengan variabel terikat. Nilai korelasi yang dianggap baik yaitu lebih dari 0,4. Rentang nilai interval koefisien korelasi dapat dilihat pada Tabel 2.9.

Tabel 2.9 Interval Nilai Korelasi dan Kekuatan Hubungan

No	Interval Nilai	Kekuatan Hubungan
1	0	Tidak terdapat korelasi

No	Interval Nilai	Kekuatan Hubungan
2	0-0,2	Sangat rendah atau lemah sekali
3	0,2-0,4	Rendah atau lemah
4	0,4-0,7	Cukup berarti atau sedang
5	0,7-0,9	Tinggi atau kuat
6	0,9-1	Sangat tinggi atau kuat sekali

Sumber : Hassan, 2006

Uji signifikansi dilakukan untuk menguji sejauh mana pengaruh variabel independen terhadap variabel dependen setelah diketahui ada hubungan antara variabel tersebut. Signifikansi merupakan tingkat ketepatan presisi dalam kaitannya dengan kesalahan pengambilan sampel (sampling error), merupakan sebuah jangkauan dimana diketahui nilai populasi yang tepat sesuai diperkirakan. Jangkauan ini sering diekspresikan dengan menggunakan poin-poin persentase, misalnya 1% atau 5%. Apabila nilai $Sig < 0,05$ maka data signifikan, apabila nilai $Sig > 0,05$ maka data tidak signifikan. Untuk nilai 5% digunakan untuk penelitian yang tidak membutuhkan ketelitian tinggi sedangkan untuk $p < 1\%$ digunakan untuk penelitian yang membutuhkan ketelitian lebih besar biasanya digunakan dalam bidang kesehatan yang berhubungan dengan nyawa manusia (Apriyono dan Taman, 2013).

2.13 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu yang sudah dilakukan antara lain:

- Dari penelitian Macfarlane *et al.* (2003), mangrove yang digunakan adalah *A. marina* dan logam yang diamati adalah Cu, Pb, dan Zn. Penelitian dilakukan di Homebush Bay, Sydney. Tabel hasil penelitian bisa dilihat di Tabel 2.9

Tabel 2.10 Kandungan Cu di Mangrove *A. marina*

Bagian Mangrove	Cu (μ /mol)	Pb (μ /mol)	Zn (μ /mol)
Akar	1,58	0,79	4,51
Daun	0,14	0,02	0,38

Sumber : Macfarlane et al. (2003)

- b. Menurut Mulyadi *et al.* (2009) penelitian yang dilakukan di Sungai Wonorejo menggunakan mangrove jenis *A. marina* hasil yang didapatkan bisa dilihat pada Tabel 2.10

Tabel 2.11 Kandungan Cu di Sedimen Sungai Wonorejo

Replikasi	Jarak (m)	Kandungan Cu (mg/L) di sedimen		
		A	B	C
1	5	1,49	1,326	0,859
2	10	0,781	1,041	1,08
3	15	1,003	1,282	0,722
Rata-rata		1,091	1,208	0,887

Sumber : (Mulyadi *et al.*, 2009)

Tabel 2.12 Kandungan Cu di Akar Mangrove *A. marina*

Replikasi	Jarak	Kandungan Cu (mg/L)
1	5	4,212
2	10	7,175
3	15	5,421
Rata-rata		5,602

Sumber : (Mulyadi *et al.*, 2009)

Rata-rata kandungan Cu dalam sedimen di Muara Kali Wonorejo adalah 3,186 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa muara tersebut menerima buangan limbah yang mengandung logam berat Cu dalam konsentrasi yang cukup besar. Rata-rata kandungan Cu dalam akar *A. marina* di Muara Kali Wonorejo adalah 5,602 mg/L

- c. Menurut Martuti *et al.* (2016), pengukuran *BioConcentration Factor* pada akar mangrove *A. marina* di daerah Tapak, Tugurejo, Semarang, Indonesia dapat dilihat pada Tabel. 2.12

Tabel 2.13 Kandungan BCF Logam Cu di Tapak, Tugurejo

Stasiun	Akar (mg/Kg)	Sedimen (mg/Kg)	BCF
1	2,512	26,76	0,09
2	2,336	28,368	0,08
3	4,4	29,797	0,15
4	7,997	37,889	0,211

Sumber : (Martuti *et al.*, 2016)

- d. Menurut Usman *et al.* (2013) penelitian yang dilakukan di Laut Merah meliputi batang, akar dan daun mangrove *A. marina*.

Tabel 2.14 Kandungan Logam Berat di Mangrove *A. marina*

Lokasi	Jaringan	Logam berat (mg/kg)				
		Cd	Cr	Cu	Ni	Zn
Site 1	Daun	0,36	7,96	284,1	4,4	33,1
	Batang	ND	7,30	210,3	ND	36,0
	Akar	ND	21,3	ND	5,91	61,9
Site 2	Daun	1,38	7,55	359,5	ND	42,4
	Batang	ND	8,39	352,7	ND	37,4
	Akar	ND	22,6	224,3	8,80	33,8
Site 3	Daun	1,27	17,8	411,6	7,10	22,9
	Batang	ND	9,53	239,7	2,79	28,3
	Akar	ND	12,8	256,9	5,37	28,8
Site 4	Daun	1,51	9,04	496,1	ND	31,3
	Batang	ND	8,32	248,8	1,96	33,7
	Akar	ND	10,3	286,0	ND	27,2
Site 5	Daun	0,65	4,13	279,3	ND	17,8
	Batang	0,69	7,19	228,6	2,11	39,1
	Akar	ND	7,37	334,4	ND	32,5
Rata-rata	Daun	1,04	9,30	356,6	2,30	29,5
	Batang	0,14	8,15	256	1,37	34,9
	Akar	NC	14,9	270,5	4,02	36,8
Toxic level		5-30	5-30	10-100	10-100	100-400

Sumber : (Usman *et al.*, 2013)

- e. Menurut Pumijumnong dan Danpradit (2016), penelitian dilakukan di propinsi Surat Thani Thailand.

Tabel 2.15 Kandungan Logam Berat di Akar Mangrove *A. alba*

Spesies	Konsentrasi (ug/g)		
	Tembaga	Timbal	Zinc
<i>A. alba</i>	1,3-0,71	0,83-0,39	9,77-4,58
<i>A. officinalis</i>	1,81-0,76	0,55-0,15	9,33-5,20
<i>B. parviflora</i>	2,90-1,14	0,37-0,17	4,46-1,47

Sumber : (Pumijumnong dan Danpradit, 2016)

- f. Menurut Amin *et. al*, 2011 kandungan logam berat Pb dan Cu di setiap lapisan sedimen

Kedalaman (cm)	Stasiun	Rata-rata Logam (ug/g)	Konsentrasi
		Pb	Cu
0-5	I	16,67	0,26
	II	20,90	0,43
	III	20,07	0,95
	IV	21,63	1,08
Rata-rata		19,81	0,68
10-15	I	24,25	0,71
	II	23,40	0,68
	III	24,37	0,97
	IV	20,07	1,02
Rata-rata		23,02	0,84
20-25	I	18,98	0,53
	II	18,96	0,85
	III	19,47	1,33
	IV	19,04	1,41
Rata-rata		19,11	1,03

Figure 1 displays 15 time series plots of chemical species concentrations in the atmosphere of Mexico City from 1982 to 2000. The plots are arranged in two columns. The left column shows concentrations in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for Zn, Pb, Sn, Ag, Cd, Cu, Ni, Mo, Cr, Ni, Cu, and V. The right column shows concentrations in pg/m^3 for Se, Mn, Fe, REE, Th, U, T, Y, Sr, Ba, and Cl. Each plot includes a solid line for observed data, a dashed line for the model fit, and a shaded gray area representing the 95% confidence interval. The x-axis for all plots is time in years from 1982 to 2000. The y-axis scales vary by species. R^2 values are provided for each species, indicating the model's fit to the observed data.

Species	Unit	R^2
Zn	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.04
Pb	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.23
Sn	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.52
Ag	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.37
Cd	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.21
Cu	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.47
Ni	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	-
Mo	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	-
Cr	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	-
Ni	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	-
Cu	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	-
V	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	-
Se	pg/m^3	0.58
Mn	pg/m^3	0.72
Fe	pg/m^3	0.59
REE	pg/m^3	0.53
Th	pg/m^3	0.21
U	pg/m^3	0.07
T	pg/m^3	0.21
Y	pg/m^3	0.47
Sr	pg/m^3	0.36
Ba	pg/m^3	0.48
Cl	pg/m^3	0.67
Li	pg/m^3	0.75

27

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian merupakan gambaran umum pelaksanaan penelitian yang disusun berdasarkan tahapan pelaksanaan penelitian. Kerangka penelitian digunakan untuk memudahkan pelaksanaan penelitian yang akan dilakukan sehingga kesalahan dapat diminimalkan. Kerangka penelitian membuat penelitian yang akan dilakukan menjadi sistematis.

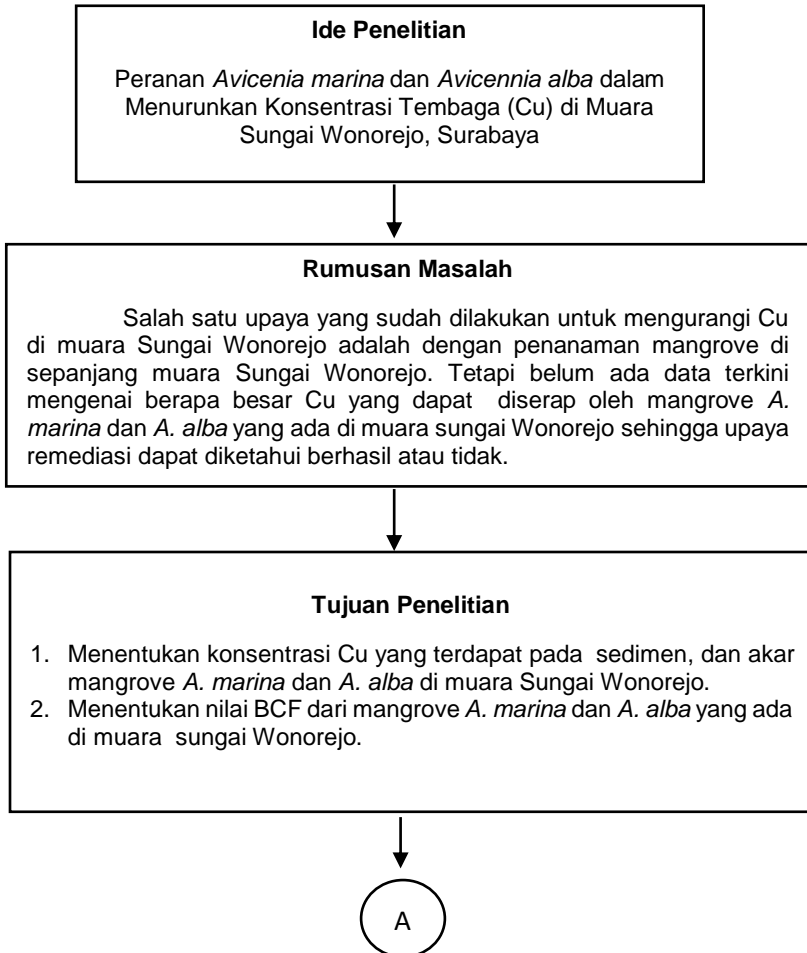
Penelitian ini akan meneliti peranan *A. marina* dan *A. alba* dalam menurunkan logam berat Cu. Sampel yang digunakan adalah sedimen dan akar *A. marina* dan *A. alba*. Parameter yang diuji yaitu pH, suhu, salinitas dan konsentrasi Cu. Variabel yang digunakan adalah jenis mangrove *A. marina* dan *A. alba*, sampel sedimen dan akar mangrove. Penelitian dilakukan di lapangan tepatnya di muara Sungai Wonorejo, di laboratorium Remediasi Lingkungan Teknik Lingkungan FTSP ITS dan laboratorium Teknik Kimia ITS.

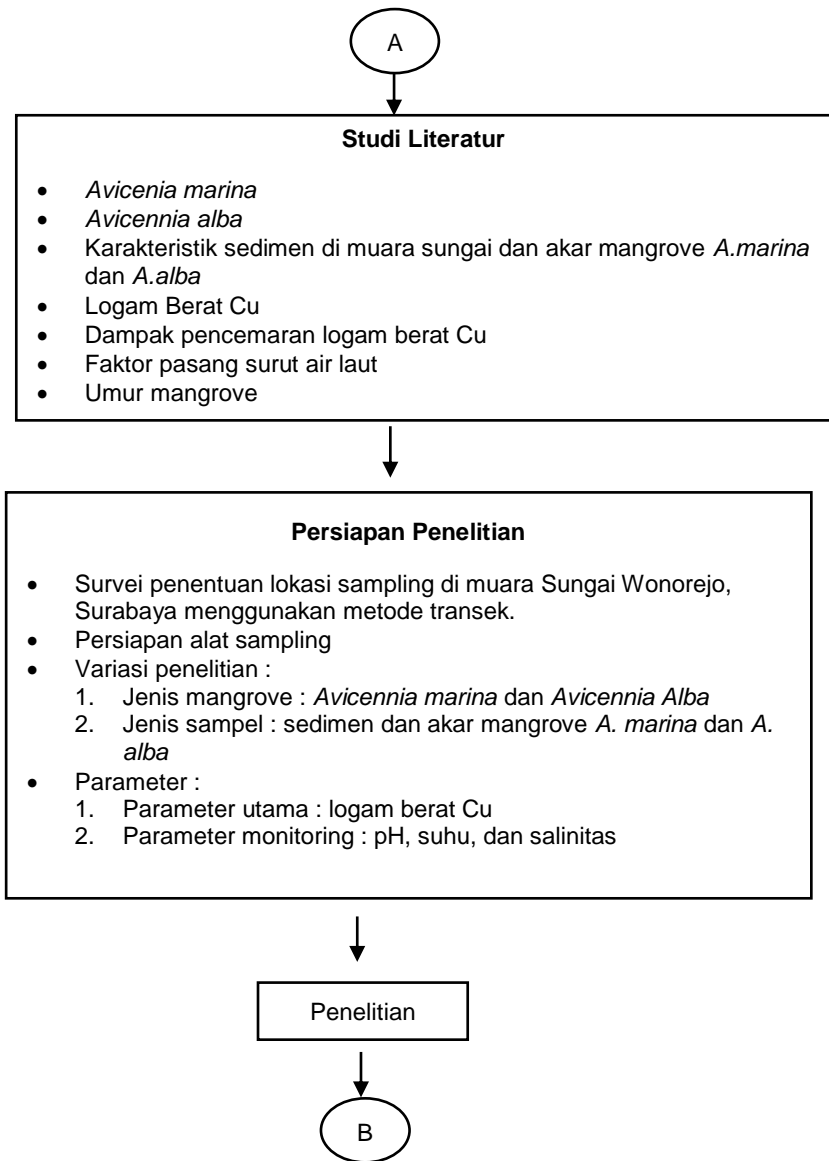
3.2 Studi Literatur

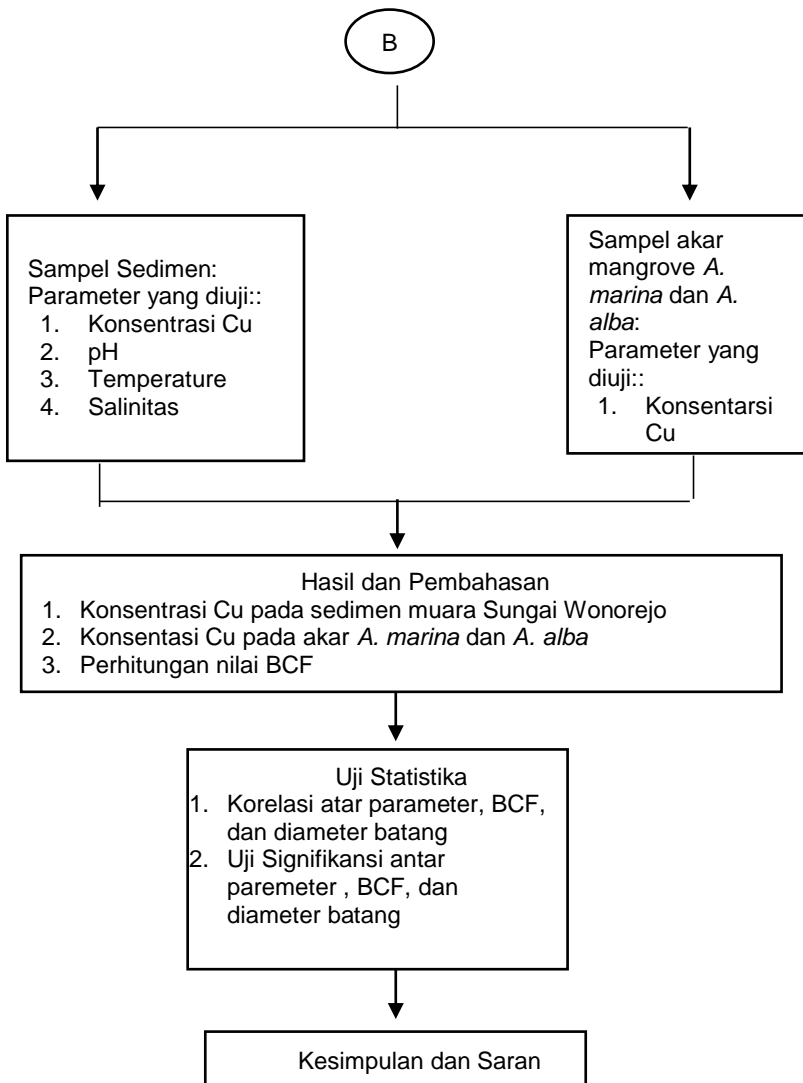
Studi literatur bertujuan untuk membantu ide penelitian sehingga pengetahuan tentang penelitian yang akan diteliti bisa meningkat. Sumber studi literatur berasal dari jurnal penelitian nasional maupun internasional, *text book*, disertasi, tugas akhir dan review jurnal yang berhubungan dengan penelitian ini. Literatur yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah karakteristik *A.marina*, dan *A.alba*, pengaruh ukuran mangrove terhadap kemampuan menyerap logam, pasang surut air laut, logam Cu, karakteristik sedimen di muara sungai, ketebalan mangrove dan penelitian terdahulu.

3.3 Ide Penelitian

Penelitian ini membahas tentang peranan tumbuhan mangrove *A.marina* dan *A.alba* dalam menurunkan Cu di muara sungai Wonorejo. Parameter yang diukur suhu, salinitas, pH dan logam berat Cu.







3.4. Persiapan Sampling

Pada penelitian ini diperlukan alat sampling seperti tali raffia untuk penanda mangrove yang akan diambil akarnya. Plastik sebagai wadah sampel sedimen dan akar. Parang untuk memotong akar mangrove dan bor *manual* yang bagian bawahnya memiliki cekungan sedalam 25 cm dan tinggi sekitar 1.5 m untuk pengambilan sampel sedimen dan akar mangrove. *Coolbox* sebagai tempat sementara sampel sebelum dibawa ke laboratorium.

Langkah pertama yang dilakukan dalam penelitian ini adalah memilih mangrove jenis *A. marina* dan *A. alba* yang akan diambil sampel akar. *Plotting* dilakukan untuk menentukan titik pengambilan sampel yang diambil nantinya. Titik pengambilan sampel dipilih berdasarkan persebaran mangrove *A. marina* dan *A. alba* yang ada di muara Sungai Wonorejo. Sampel pohon mangrove yang dipilih juga harus memiliki diameter lebih dari 5 cm hal ini berkaitan dengan umur mangrove dan kemampuan mangrove dalam menyerap logam berat. Hal lain yang diperhatikan dalam *plotting* yaitu tentang titik pengambilan sampel harus selalu terkena pasang surut air laut.

Plotting dilakukan dengan pada tanggal 2 Maret 2017 pukul 13.00 WIB. Pada saat *plotting* dilakukan juga identifikasi mangrove yang diambil sampel akarnya. Mangrove jenis *A. marina* memiliki daun mengkilap, pohonnya memiliki warna agak hijau pucat. *A. alba* memiliki pohon kecoklatan dan daun yang tidak mengkilap. Langkah selanjutnya setelah dilakukan identifikasi mangrove adalah menentukan titik koordinat mangrove. Pohon mangrove yang sudah memenuhi persyaratan ditandai dengan raffia berwarna merah dengan dilengkapi nama kode *A. marina* ataupun *A. alba* dan juga ukuran diameter pohon. Titik koordinat mangrove yang diambil sampelnya dicatat dari GPS. GPS yang digunakan dalam percobaan ini adalah tipe Garmin GPSmap 765Sx. Berikut merupakan dokumentasi kegiatan *plotting* yang dilakukan yang ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Kegiatan Plotting

(a) Penanda pohon yang sudah di plotting; (b) Pengukuran diameter batang mangrove; (c) Pemberian Nama pohon yang sudah di plotting; (d) Pengukuran Titik Koordinat

Sumber : Dokumen Pribadi

3.5 Penentuan Lokasi Sampling

Lokasi sampling yang dipilih berdasarkan jenis mangrove yang tumbuh di sekitar muara sungai Wonorejo dan juga terdapat penyebaran mangrove jenis *A. marina* dan *A. alba*. Mangrove harus terkena pasang surut air laut.

Penentuan titik sampling menggunakan GPS untuk mengetahui koordinatnya. Berikut merupakan lokasi sampling seperti ditunjukkan pada Tabel 3.1

Tabel 3. 1 Titik Sampling

No	Titik Sampling	Nama	Keterangan
	Lokasi Transek 1		
A	Lokasi A		
1		M11A	Sampel akar nutrisi 1 <i>A. marina</i>
2		M12A	Sampel akar nutrisi 2 <i>A. marina</i>
3		S11A	Sampel sedimen 1
4		S12A	Sampel sedimen 2
B	Lokasi B		
5		M11B	Sampel akar nutrisi 1 <i>A. marina</i>
6		M12B	Sampel akar nutrisi 2 <i>A. marina</i>
7		S11B	Sampel sedimen 1
8		S12B	Sampel sedimen 2
C	Lokasi C		
9		M11C	Sampel akar nutrisi 1 <i>A. marina</i>
10		M12C	Sampel akar nutrisi 2 <i>A. marina</i>
11		S11C	Sampel sedimen 1
12		S12C	Sampel sedimen 2
D	Lokasi D		
13		M11D	Sampel akar nutrisi 1 <i>A. marina</i>
14		M12D	Sampel akar nutrisi 2 <i>A. marina</i>
15		S11D	Sampel sedimen 1
16		S12D	Sampel sedimen 2
E	Lokasi E		
17		M11E	Sampel akar nutrisi 1 <i>A. marina</i>
18		M12E	Sampel akar nutrisi 2 <i>A. marina</i>
19		S11E	Sampel sedimen 1
20		S12E	Sampel sedimen 2
	Lokasi Transek 2		

No	Titik Sampling	Nama	Keterangan
A	Lokasi A		
1		A21A	Sampel akar nutrisi 1 <i>A. alba</i>
2		A22A	Sampel akar nutrisi 2 <i>A. alba</i>
3		S21A	Sampel sedimen 1
4		S22A	Sampel sedimen 2
B	Lokasi B		
5		A21B	Sampel akar nutrisi 1 <i>A. alba</i>
6		A22B	Sampel akar nutrisi 2 <i>A. alba</i>
7		S21B	Sampel sedimen 1
8		S22B	Sampel sedimen 2
C	Lokasi C		
9		A21C	Sampel akar nutrisi 1 <i>A. alba</i>
10		A22C	Sampel akar nutrisi 2 <i>A. alba</i>
11		S21C	Sampel sedimen 1
12		S22C	Sampel sedimen 2
D	Lokasi D		
13		A21D	Sampel akar nutrisi 1 <i>A. alba</i>
14		A22D	Sampel akar nutrisi 2 <i>A. alba</i>
15		S21D	Sampel sedimen 1
16		S22D	Sampel sedimen 2
E	Lokasi E		
17		A21E	Sampel akar nutrisi 1 <i>A. alba</i>
18		A22E	Sampel akar nutrisi 2 <i>A. alba</i>
19		S21E	Sampel sedimen 1
20		S22E	Sampel sedimen 2

Setelah dilakukan plotting kemudian dicatat koordinat lokasi sampling. Koordinat dicari dengan GPS. Berikut merupakan lokasi koordinat titik sampling dapat dilihat pada tabel 3.2

Tabel 3. 2 Koordinat Titik Sampling

No	Nama Titik Sampling	Koordinat
1	M11A	S = 07°18'22,3" E = 112°50'22,2"
2	M12A	S = 07°18'22,2" E = 112°50'40,4"
3	M11B	S = 07°18'22,4" E = 112°50'40,5"
4	M12B	S = 07°18'21,5"

No	Nama Titik Sampling	Koordinat
		E = 112°50'40,5"
5	M11C	S = 07°18'22,9" E = 112°50'40,4"
6	M12C	S = 07°18'22,8" E = 112°50'40,3"
7	M11D	S = 07°18'22,8" E = 112°50'40,7"
8	M12D	S = 07°18'22,7" E = 112°50'40,7"
9	M11E	S = 07°18'22,5" E = 112°50'40,6"
10	M12E	S = 07°18'22,55" E = 112°50'40,6"
11	A21A	S = 07°18'21,0" E = 112°50'39,5"
12	A22A	S = 07°18'21,1" E = 112°50'39,4"
13	A21B	S = 07°18'20,7" E = 112°50'39,1"
14	A22B	S = 07°18'20,7" E = 112°50'39,0"
15	A21C	S = 07°18'20,4" E = 112°50'39,2"
16	A22C	S = 07°18'20,5" E = 112°50'39,1"
17	A21D	S = 07°18'20,6" E = 112°50'39,4"
18	A22D	S = 07°18'20,6" E = 112°50'39,42"
19	A21E	S = 07°18'20,9" E = 112°50'39,7"
20	A22E	S = 07°18'20,9" E = 112°50'39,8"

Sumber : GPS, 2017

Titik persebaran *A. marina* paling dominan di perbatasan dengan laut. Sedangkan persebaran *A. alba* terbanyak di samping muara Sungai Wonorejo. Dari titik koordinat yang sudah didapatkan dijadikan peta seperti Gambar 3.3

3.5 Pengambilan sampel

Pengambilan sampel sedimen dan akar mangrove *A. marina* dan *A. alba* dilakukan setelah *plotting* transek selesai dilakukan di lokasi penelitian. Pengambilan sampel dilakukan tanggal 6 Maret 2017 saat sekitar pukul 16.00 WIB. Keadaan saat pengambilan sampel pasang air laut tidak terlalu tinggi sebatas mata kaki. Keadaan saat pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 3.2

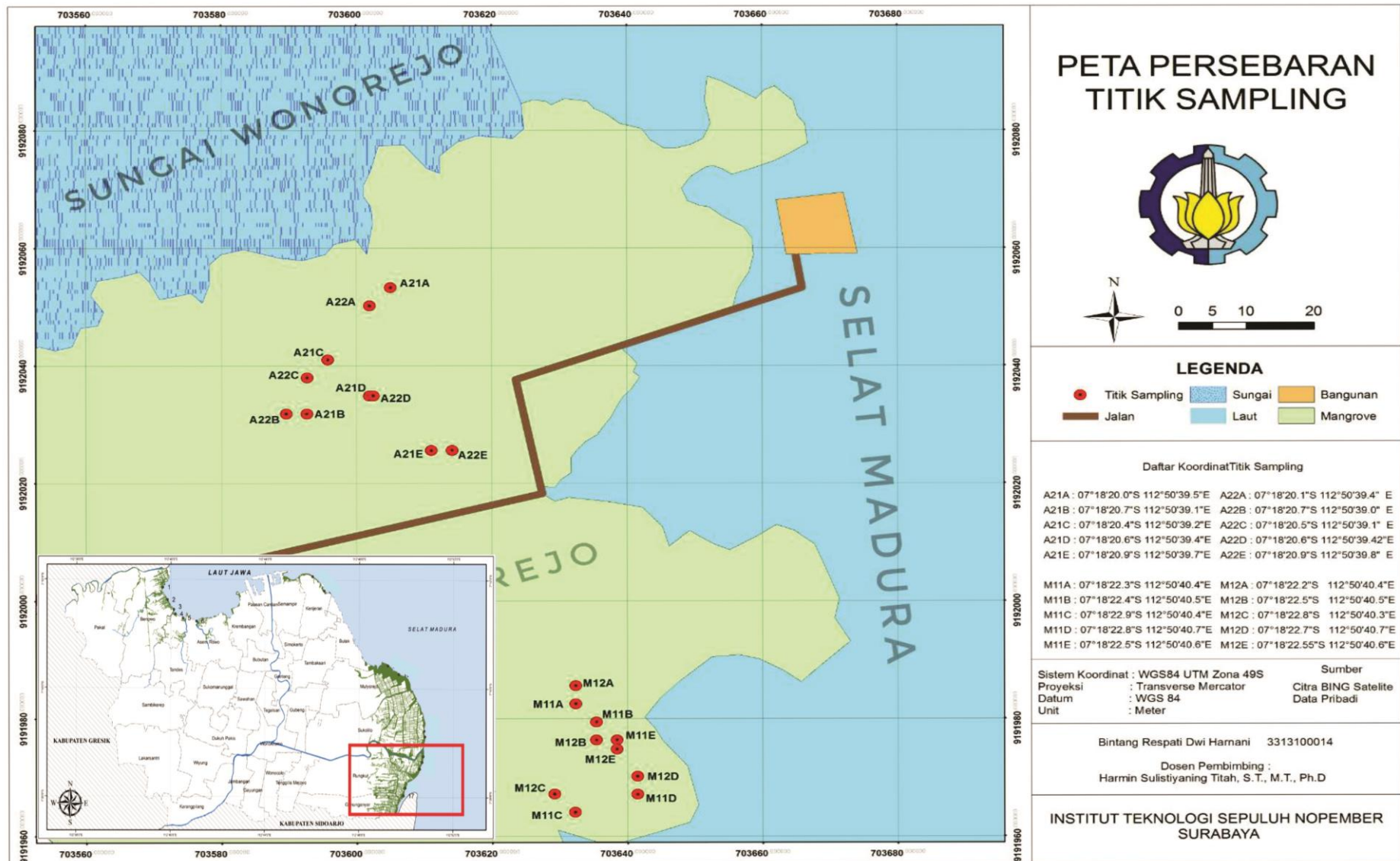


Gambar 3.2 Keadaan Saat Pengambilan Sampel

Sumber : Dokumen Pribadi

Keadaan lapangan pada saat pengambilan sampel di kedua transek penuh dengan sampah plastik dan sampah rumah tangga. Prosedur pengambilan sampel pada penelitian ini mengacu pada Panjaitan (2009), yang meliputi pewadahan sampel, dan pengawetan sampel dengan meletakkan dalam *coolbox* yang berisi balok es. Menurut Usman *et al.* (2013), pengambilan sampel sedimen dilakukan secara random sampling dengan kedalaman 0-30 cm. Kandungan Cu pada sedimen semakin dalam akan semakin tinggi, terutama pada kedalaman 25 cm. Sedimen Cu yang dibawa aliran sungai semakin lama semakin banyak dan mengendap di muara sungai (Amin *et al.*, 2011).

Pengambilan sedimen dilakukan pada sedimen dengan kedalaman 0-30 cm menggunakan bor *manual* seperti Gambar 3.4.



Gambar 3. 3 Persebaran Titik Sampling

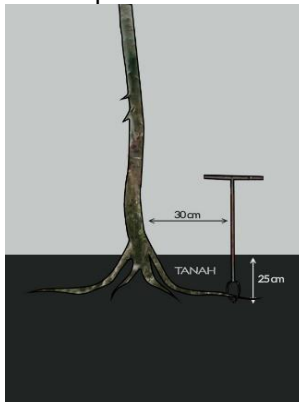
Halaman ini sengaja dikosongkan



Gambar 3. 4 Bor Manual

Sumber : Dokumen Pribadi

Persebaran tanaman mangrove yang ada dilokasi penelitian tidak teratur antar species mangrove sehingga didapatkan *plotting* mangrove yang tidak beraturan juga. Sedimen yang diambil berada pada samping kanan kiri pohon mangrove yang sudah ditentukan. Jarak sampel sedimen yang diambil dari pohon kurang dari 30 cm. Pengambilan sedimen menggunakan metode *composite sampling* agar didapatkan hasil yang akurat. Berikut merupakan sketsa pengambilan sampel yang dapat dilihat pada Gambar 3.5



Gambar 3. 5 Sketsa Pengambilan Sampel

Sampel sedimen dimasukkan ke dalam plastik kemudian diberi label dan disimpan dalam *coolbox* untuk dibawa ke laboratorium. Pada saat pengambilan sampel sedimen dilakukan pengukuran suhu tanah yang diambil menggunakan termometer. Pengukuran pH tanah dilakukan saat sampai di laboratorium.



Gambar 3. 6 Pengambilan Sampel Sedimen

Sumber : Dokumen Pribadi

b. Pengambilan sampel akar *A. marina* dan *A. alba*

Sampel akar dari pohon mangrove yang diambil memiliki diameter batang diatas 5 cm. Mangrove yang memiliki diameter di atas 5 cm memiliki perakaran yang kuat baik akar nutritive dan akar pneumatofore (Zeng *et. al*, 1997). Sistem perakaran yang kuat dapat menunjang kemampuan penyerapan logam berat. Di daerah muara Sungai Wonorejo sendiri terdapat banyak sekali sampah plastik dan rumah tangga yang menghambat pertumbuhan mangrove. Mangrove yang baru ditanam didaerah tersebut harus diberi pengangga agar tetap dapat tumbuh karena banyaknya sampah yang ada ditanah dan arus laut yang deras dapat diliat pada Gambar 3.3. Pemilihan mangrove *A. marina* dan *A. alba* yang diambil sampelnya dilakukan saat *plotting* transek. Jarak antar pohon mangrove dengan spesies yang sama berkisar 1-1,5 m.

Pengambilan sampel akar *A. marina* dan *A. alba* menggunakan bor *manual* dan parang. Akar pohon mangrove yang ikut dalam pengambilan sedimen dipotong dengan parang kemudian dimasukan kedalam plastik tempat sampel dan diberi

label. Sampel yang sudah diambil dimasukan ke dalam *coolbox* dan ditutup rapat.



Gambar 3. 7 Pengambilan Sampel Akar

Pada transek 1 dilakukan pengambilan sampel akar mangrove *A. marina* meliputi akar dan sedimen yang berada di sekitarnya. Sedangkan transek 2 merupakan tempat pengambilan sampel akar mangrove *A. alba* dan sedimen yang berada di di sekitar mangrove *A. alba*. Pemasangan dua transek untuk pembangambilan sampel didasari oleh jenis mangrove dominan yang tumbuh di muara sungai Wonorejo.

Pengambilan akar mangrove juga menggunakan metode *composite sampling* sehingga didapatkan hasil yang akurat. Tempat pengambilan sampel dicatat titik koordinatnya dengan menggunakan GPS (Fitriani, 2013).

Sampel akar mangrove diambil dengan menggunakan parang. Sampel akar yang diambil merupakan akar mangrove yang masuk ke dalam sedimen atau akar nutritive. Mangrove yang akarnya diambil sebelumnya harus diukur diameternya menggunakan meteran.

3.6 Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian meliputi uji penyisihan logam Cu dan uji semua parameter yakni pH, salinitas, suhu, logam berat Cu yang ditunjukkan pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Metode Penelitian

No	Parameter	Metode	Sumber
1	Cu	AAS	SNI 06-6992.5-2004
2	pH	ph meter	SNI 06-6989.11
3	Suhu	Termometer	SNI 06-6989.23-2005
4	Salinitas	Salinometer	SNI 06-6989.11

Pengukuran insitu dilakukan terhadap parameter suhu, salinitas, dan pH. Suhu diukur dengan menggunakan termometer. Untuk salinitas diukur dengan menggunakan salinometer. pH sedimen diukur pH meter untuk tanah. Berikut ini adalah tahapan pelaksanaan penelitian (Hamzah dan Setiawan, 2010)

A. Preparasi sedimen

Untuk preparasi sedimen, sampel yang diambil dari titik sampling banyak mengandung sampah plastic sehingga sampel harus dibersihkan terlebih dahulu. Setelah sampel bersih dapat langsung dikeringkan dalam oven 105°C selama 24 jam untuk menghilangkan kadar air dan diperoleh berat konstan. Selanjutnya sampel ditimbang 1 gram dan dilakukan destruksi basah dengan menambahkan aqua regia sebanyak 28 ml. Aqua regia merupakan percampuran HCL dan HNO₃ dengan perbandingan 1:3. Sampel harus ditunggu selama 24 jam. Setelah itu baru dipanaskan diatas kompor hingga tersisah kurang lebih 5 cm baru kemudian disaring dengan kertas saring. Hasil larutan yang telah disaring kemudian siap diukur dengan AAS.

B. Preparasi akar mangrove

Sebelum melakukan uji analisis logam berat tembaga (Cu) dilakukan preparasi sampel akar. Sampel akar dicuci bersih menggunakan air bersih untuk membersihkan organisme yang menempel di akar. Sampel akar mangrove dipotong-potong kecil. Selanjutnya dapat langsung dikeringkan dalam oven 105°C selama 24 jam untuk menghilangkan kadar

air dan diperoleh berat konstan. Sampel diambil 1 gram untuk dilakukan destruksi basah. Hasil destruksi kemudian siap diukur dengan AAS.

3.7 Hasil dan Pembahasan

Pada bagian hasil dan pembahasan akan ditulis secara deskriptif untuk menjelaskan penelitian akibat pengaruh parameter dan variabel yang telah ditentukan sebelumnya. Dalam hasil penelitian meliputi beberapa hal berikut:

1. Analisis pH, suhu, salinitas, konsentrasi Cu
2. Pengaruh pasang air laut
3. Pengaruh diameter pohon dan umur mangrove
4. Perbandingan konsentrasi Cu untuk *A. marina* dan *A. alba*
5. Pembahasan tentang biokonsentrasi faktor (BCF)
6. Perbandingan hasil dengan baku mutu
7. Uji Statistika berupa uji signifikansi dan korelasi

3.8 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan disusun berdasarkan hasil analisis data penelitian dan pembahasan. Kesimpulan harus menjawab rumusan masalah dan sesuai dengan tujuan penelitian. Kesimpulan yang dibuat akan memuat jenis mangrove paling efektif untuk menyerap logam Cu di muara sungai Wonorejo. Saran diperlukan sebagai penyempurnaan penelitian dan rekomendasi terhadap penelitian terkait untuk meminimalisasi kesalahan dan untuk meningkatkan efisiensi.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 4

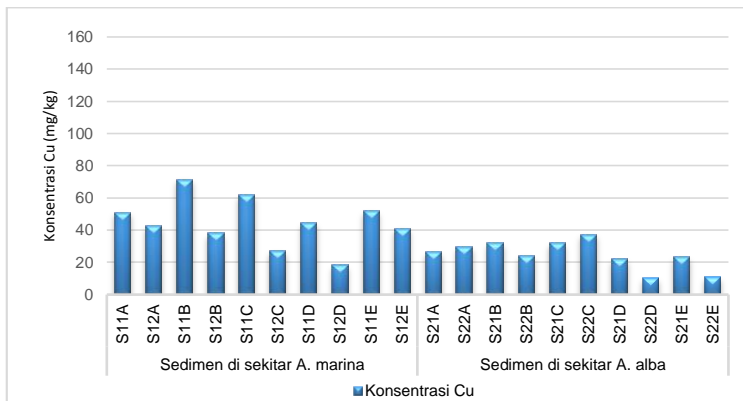
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengukuran Konsentrasi Cu

Pengukuran konsentrasi Cu dilakukan pada sedimen dan akar mangrove *A. marina* dan *A. alba*. Berikut merupakan hasil pengukuran konsentrasi Cu yang telah dilakukan.

4.1.1 Konsentrasi Cu di Sedimen Muara Sungai Wonorejo

Konsentrasi Cu sedimen diukur menggunakan metode ASS. Setelah dilakukan uji AAS diperoleh konsentrasi Cu sedimen di transek 1 dan 2 seperti Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Konsentrasi Cu di Sedimen

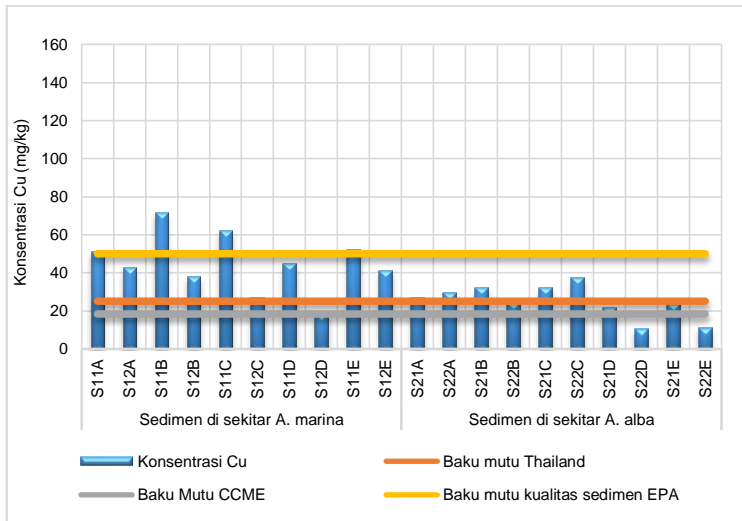
Transek 1 merupakan transek yang didominasi oleh *A. marina*, sedangkan transek 2 didominasi *A. alba*. Simbol S11A – S12E merupakan sedimen di sekitar mangrove *A. marina* dan simbol S21A – S22E adalah sedimen yang berada di sekitar *A. alba*. Kawasan *A. alba* terletak berdekatan dengan muara Sungai Wonorejo. Pada muara Sungai Wonorejo, sedimen banyak terperangkap oleh tumbuhan mangrove. Di daerah ini juga terlihat tumpukan sampah plastik yang terbawa oleh aliran sungai Wonorejo. Sedimen di kawasan *A. marina* terletak cukup

jauh dengan muara sungai dan langsung berbatasan dengan laut. Di sekitar kawasan *A. marina* juga terlihat tumpukan sampah rumah tangga dan botol plastik. Sampah yang terlihat di kawasan ini tidak sebanyak di sekitar kawasan *A. alba* yang langsung berbatasan dengan muara sungai.

Rata-rata konsentrasi Cu di sedimen sekitar *A. marina* sebesar 44,8 mg/kg sedangkan di sekitar kawasan *A. alba* nilai rata-rata konsentrasi Cu sedimen sebesar 24,85 mg/kg. Kandungan konsentrasi Cu di sedimen yang berada pada kawasan *A. marina* lebih tinggi daripada kawasan *A. alba*. Banyak hal yang dapat mempengaruhi keadaan tersebut diantaranya letak kawasan *A. alba*. Di sekitar *A. alba* lebih sering terjadi turbulensi arus air laut dan air sungai. Kawasan *A. alba* merupakan tempat bertemunya air tawar dari sungai dan air laut yang mengakibatkan pengendapan logam berat sulit terjadi. Konsentrasi logam berat di wilayah tersebut akan cenderung berubah-ubah (Sarjono, 2009). Sedangkan di kawasan *A. marina* tidak terjadi turbulensi aliran air. Air yang masuk pada kawasan ini merupakan air laut langsung. Pergerakan yang ada di kawasan *A. marina* hanya sebatas pengaruh pasang surut air laut saja.

Indonesia belum memiliki baku mutu untuk sedimen di kawasan pesisir. Indonesia hanya memiliki baku mutu tentang air laut yang tertulis dalam Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 tahun 2004 yang dibagi menjadi 3 kategori yaitu untuk kawasan pelabuhan, wisata bahari dan biota laut. Oleh karena itu, pada penelitian ini baku mutu yang digunakan mengacu pada berbagai negara yang sudah mempunyai baku mutu sedimen di kawasan pesisir, diantaranya yaitu *Canadian council of Ministers for Environment (CCME)* dari Kanada, *Pollution Control Department of Thailand*, dan USA.

Dari gambar uji konsentrasi logam berat Cu pada sedimen muara Sungai Wonorejo yang sudah dilakukan, sebagian besar sedimen di muara Sungai Wonorejo tercemar logam berat Cu menurut baku mutu dari CCME, USA dan Thailand. Berikut merupakan gambar konsentrasi Cu di sedimen muara Sungai Wonorejo dibandingkan dengan baku mutu di berbagai negara yang dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4. 2 Konsentrasi Cu di Sedimen dan Baku Mutu

Berdasarkan Gambar 4.2 diketahui bahwa konsentrasi Cu di sedimen muara Sungai Wonorejo sebagian besar melebihi baku mutu. Ada 17 titik sampel sedimen yang melebihi baku mutu dari CCME yang ditetapkan sebesar 18,7 mg/kg dan ada 14 titik sampel yang melebihi baku mutu dari Thailand yaitu 25 mg/kg. Untuk baku mutu menurut USAPA sebenarnya ada tiga kategori pencemaran, yang pertama tercemar ringan, tercemar sedang dan tercemar berat. Pada penelitian ini yang digunakan adalah baku mutu tercemar berat yaitu lebih dari 50 mg/kg dan hanya hanya ada 3 titik yang melebihi baku mutu tersebut.

Tingginya konsentrasi Cu yang ada di sedimen muara Sungai Wonorejo dapat disebabkan dari polutan logam berat yang terbawa sepanjang aliran sungai. Sumber polutan yang terbanyak adalah limbah domestik dan industri yang terdapat di sepanjang aliran Sungai Wonorejo. Disamping itu ada limbah dari pertanian yang menggunakan insektisida, pengecetan

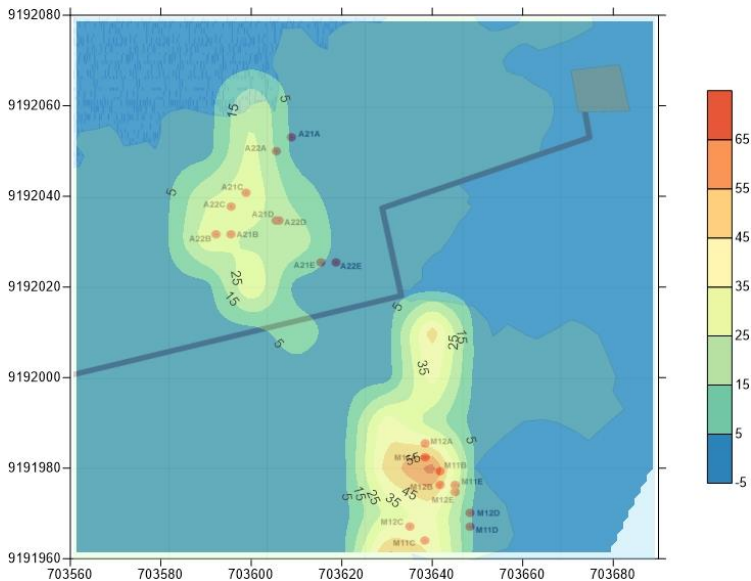
kapal nelayan dan juga aktifitas pengisian bahan bakar dari kapal nelayan (Peters *et al.*, 1997).

Logam berat yang masuk dalam aliran sungai akan mengendap ke dasar perairan yang selanjutnya terserap dalam sedimen (Jaibet, 2007). Biota laut yang mencari makan dikawasan tersebut seperti udang, karang, dan kepiting dapat terkontaminasi logam berat Cu. Hal tersebut disebabkan karena pada kawasan muara sungai terjadi perputaran rantai makanan yang dapat menyebabkan perpindahan logam berat antar mahluk hidup (Palar, 2008 ; Setiawan dan Subiandono, 2015).

Distribusi logam berat Cu pada sedimen juga dapat dipengaruhi oleh tekstur sedimen. Sedimen di muara pantai Timur Surabaya didominasi oleh stuktur tanah liat (Arisandy *et. al*, 2012). Menurut Tam dan Wong (2000), sedimen yang didominasi oleh tanah liat mengandung kontaminan logam berat yang lebih tinggi daripada sedimen jenis pasir. Tanah liat dapat mengikat logam berat Cu lebih baik dibandingkan tanah jenis pasir atau lumpur. Haque dan Subramanian (1982), juga berpendapat bahwa jenis tanah yang bagus untuk mengikat logam. Kekuatan sedimen dalam mengikat logam berat berturut-turut yaitu pasir <lumpur <tanah liat.

Setelah dilakukan pengukuran Cu sedimen kemudian dilakukan pembuatan kontur sebaran Cu di sedimen. Kontur sebaran Cu di sedimen dan BCF dibuat menggunakan aplikasi Suffer 10. Berikut merupakan kontur sebaran Cu disekitar *A. marina* dan *A. alba* yang dapat dilihat pada Gambar 4.3.

Kontur pada bagian bawah Gambar 4.3 menunjukkan gambaran kontur persentase sebaran Cu sedimen di kawasan *A. marina*. Sedangkan gambaran kontur bagian atas menggambarkan persebaran Cu pada kawasan *A. alba*. Pada persebaran kontur Gambar 4.3 konsentrasi Cu terbesar terletak dikawasan *A. marina* yang ditandai dengan warna dominan merah tua. Dominasi warna pada kawasan *A. alba* yaitu hijau kekuningan yang menunjukkan sebaran konsentrasi Cu di sedimen kawasan *A. alba* tidak sebesar kawasan *A. marina*.

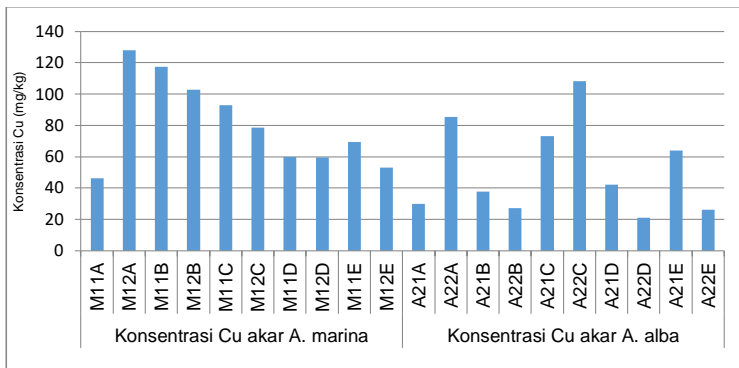


Gambar 4.3 Kontur Sebaran Konsentrasi Sedimen Cu di sekitar *A. marina* dan *A. alba*

Pada sebaran konsentrasi sedimen Cu disekitar *A. marina* semakin mendekati laut konsentrasi Cu semakin menurun. Hal ini karena semakin tinggi tingkat salinitas konsentrasi Cu semakin menurun hal ini disebabkan adanya pengenceran yang terjadi oleh air laut. Sedangkan konsentrasi Cu sedimen disekitar *A. alba* semakin mendekati sungai konsentrasi Cu di sedimen semakin menurun. Hal ini terjadi karena pada saat pengambilan sampel adalah saat musim penghujan. Pada musim penghujan konsentrasi Cu pada sedimen akan semakin turun sedangkan pada musim kemarau konsentrasi Cu di sedimen semakin meningkat. Hal ini dipengaruhi salah satunya ada faktor pH (Pakzadtoochaei dan Einollahipeer, 2013).

4.1.2 Konsentrasi Cu di Akar *A. marina* dan *A. alba*

Mangrove dapat menyerap logam berat termasuk Cu dan menyimpannya dalam jaringan mangrove seperti daun, batang dan akar sehingga dapat mengurangi tingkat pencemaran di sedimen dan air. Logam berat Cu dapat diserap oleh mangrove melalui mekanisme absorpsi dan dengan translokasi. Penyerapan logam berat oleh mangrove dilakukan oleh akar dan daun melalui stomata. Akar mangrove menyerap lebih banyak Cu daripada daun karena akar mangrove juga digunakan sebagai tempat penyimpanan logam berat Cu. Hal tersebut dikarenakan logam berat Cu yang disimpan di batang atau daun jika terlalu banyak dapat menghambat metabolisme dari mangrove (Martuti *et. al*, 2016). Konsentrasi Cu di akar *A. marina* dan *A. alba* ditampilkan dalam Gambar 4.4.



Gambar 4. 4 Konsentrasi Cu di Akar Mangrove *A. marina* dan *A.alba*

Berdasarkan tabel 4.4 konsentrasi rata-rata Cu yang terakumulasi dalam mangrove *A. marina* adalah 80,78 mg/kg. Konsentrasi rata-rata Cu yang terdapat pada mangrove *A. alba* yaitu 51.5 mg/kg. Perbedaan konsentrasi logam berat yang ada pada mangrove berkaitan dengan proses fisiologis mangrove tersebut (Baker dan Welker, 1990; Macfarlane, 2003). Kemampuan akar mangrove dalam mengakumulasi logam berat tergantung pada kandungan logam berat dalam

sedimennya. Tingginya kandungan Cu pada *A. marina* dikarenakan tingginya konsentrasi Cu pada sedimen, sedangkan rendahnya konsentrasi Cu di akar *A. alba* dikarenakan rendahnya kandungan Cu dalam sedimen, sehingga jumlah kandungan logam pada mangrove mempunyai hubungan yang signifikan dengan kandungan logam di lingkungan.

Berdasarkan mekanisme fisiologi, mangrove akan secara aktif mengurangi penyerapan logam berat ketika konsentrasi logam berat yang ada dalam jaringannya semakin tinggi karena semakin banyak logam berat yang disimpan akan menambah daya toksiknya. Penyerapan tetap dilakukan dalam jumlah sedikit dan terakumulasi di akar. Sel endodermis akar akan menjadi penyaring logam berat. Logam berat yang masuk ke akar akan ditranslokasikan ke jaringan lainnya seperti batang dan daun mangrove serta akan mengalami proses kompleksasi dengan zat yang lain seperti fitokelatin (Baker dan Welker, 1990; Macfarlane, 2003). Fitokelatin mempunyai peranan signifikan dalam detoksifikasi logam-logam berat. Fitokelatin terdapat terutama pada tanaman tingkat tinggi, alga, dan jamur (Cobbett & Goldsbrough, 2002).

Perbedaan penyerapan setiap mangrove dalam mengakumulasi logam berat berbeda. Hal ini seperti dijelaskan oleh D'mello dan Nayak (2016) bahwa faktor yang dapat mempengaruhi mangrove menyerap logam berat antara lain jenis spesiesnya, tingkat pertumbuhannya, faktor non biologi seperti suhu, salinitas, pH, dan musim. Pada musim penghujan konsentrasi Cu pada sedimen akan semakin rendah jika dibandingkan pada musim kemarau (Pakzadtoochaei dan Einollahipeer, 2013).

Disamping itu tingginya konsentrasi Cu di akar *A. marina* dapat disebabkan besarnya konsentrasi Cu yang ada di sedimennya, keadaan perairan di sekitar mangrove, adanya masukan polutan dari perairan Sungai Wonorejo dan kemampuan mangrove untuk menyerap logam berat Cu yang ada.

Dari hasil rata-rata akumulasi tembaga (Cu) yang ada di akar *A. marina* lebih tinggi dari pada akumulasi Cu di akar *A.*

alba. Hal tersebut dapat dipengaruhi oleh adaptasi jenis mangrovenya. *A. marina* lebih tahan hidup pada keadaan sedimen yang mengandung lebih banyak logam berat Cu. Hal ini terbukti dari konsentrasi Cu yang terkandung dalam sedimen yang ada di sekitar *A. marina* lebih tinggi daripada sedimen di sekitar *A. alba*.

Mekanisme fitoteknologi yang terjadi pada penyerapan logam berat Cu yang ada di kawasan muara Sungai Wonorejo dapat digolongkan dalam fitoakumulasi. Fitoakumulasi dapat juga disebut fitoekstraksi. Pada mekanisme ini mengacu pada penggunaan mangrove untuk menyerap logam berat yang mengakumulasikan dan mentranslokasi kontaminan logam berat dari sedimen ke dalam akar atau batang atau daun (ITRC, 2001).

Mekanisme fitoteknologi secara fitoakumulasi dapat dilihat pada Gambar 2.6. Penyerapan logam berat yang dilakukan oleh tumbuhan mangrove dapat melalui sedimen dan kolom air (Amin, 2001). Logam berat tembaga (Cu) yang diserap tumbuhan harus dalam bentuk ion atau Cu^{2+} . Akar mangrove yang menyerap logam berat akan mendistribusikan kebagian jaringan-jaringan yang lain seperti batang daun, dan buahnya.

Mekanisme akar dalam menyerap logam berat bisa dibagi menjadi 3 bagian:

1. Absorpsi logam oleh akar mangrove. Akar dapat menyerap logam berat jika logam berat dalam bentuk ion terlarut dalam hal ini Cu^{2+} .
2. Logam berat Cu yang sudah terabsorpsi kemudian disalurkan kebagian lain dalam tumbuhan. Setelah logam berat menembus endodermis akar, kemudian diedarkan kebagian lain tumbuhan melalui jaringan transportasi (xylem dan floem).
3. Logam berat yang sudah masuk dalam mangrove kemudian ditempatkan di beberapa sel dan jaringan. Bagian mangrove yang mengakumulasikan logam berat terbanyak adalah akar. Hal ini dikarenakan logam berat yang berlebihan bisa mengganggu metabolisme

mangrove itu sendiri (Priyanto dan Prayitno, 2007 : Martuti, 2016).

Daya serap akar mangrove pada setiap spesies berbeda - beda. Hal ini disebabkan karena setiap spesies memiliki kemampuan akumulasi logam berat yang berbeda – beda sesuai dengan bentuk morfologinya (Sugiyanto et. al, 2016). Hal yang paling berpengaruh adalah bentuk akar dari masing-masing mangrove. *Avicennia* mempunyai 4 jenis akar yaitu pneumatophore, akar kabel, akar makanan/akar nutrisi dan akar jangkar. Akar nutrisi mempunyai fungsi utama untuk penyerapan unsur hara. Disamping itu akar nutrisi juga mempunyai kemampuan menyerap logam berat. Jenis akar yang lain seperti akar pneumatophore berfungsi untuk pernapasan, tetapi akar pneumatophore juga dapat menyerap logam berat. Hal ini juga menjadikan mangrove jenis *Avicennia* sebagai salah satu tumbuhan hiperakumulator karena kemampuan untuk menyerap logam beratnya lebih bagus dari tumbuhan lainnya (Setiawan, 2013).

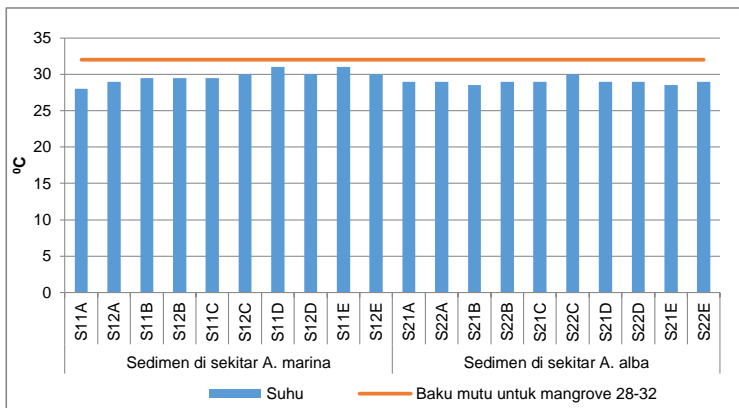
4.2 Hasil Pengukuran Parameter Pendamping

Pada pengukuran parameter pendamping diukur suhu, pH, dan salinitas yang ada di sedimen. Berikut merupakan hasil pengukuran parameter pendamping.

4.2.1 Parameter Suhu

Pengukuran suhu dalam penelitian ini dilakukan secara insitu menggunakan termometer. Suhu yang diukur dalam penelitian ini adalah suhu sedimen dari 20 titik sampel yang diambil. Hasil pengukuran suhu bisa dilihat pada Gambar 4.5.

Pada pengukuran suhu yang dilakukan terhadap sedimen didapatkan hasil suhu pada sedimen di sekitar mangrove jenis *A. marina* berkisar 28-31°C. Suhu sedimen yang ada di sekitar *A. alba* berkisar 28.5-30°C. Menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 (2004), suhu untuk pertumbuhan mangrove berkisar 28-32°C.



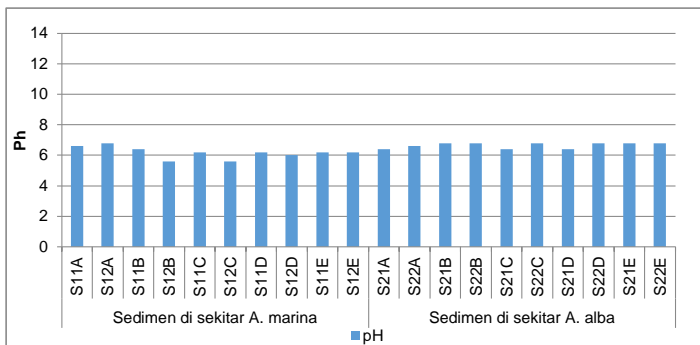
Gambar 4.5 Suhu Sedimen

Hal ini menunjukkan suhu transek 1 dan 2 sudah sesuai dengan baku mutu yang berlaku untuk sedimen pertumbuhan mangrove. Parameter suhu juga dihubungkan dengan konsentrasi logam berat Cu yang ada di sedimen. Peningkatan suhu perairan cenderung meningkatkan akumulasi dan toksisitas Cu, hal dikarenakan meningkatnya laju metabolisme dari organisme yang ada disekitarnya (Sorensen,1991 : Setiawan dan Subiandono, 2015). Hal tersebut juga dijelaskan oleh Hutagalung 1991, naiknya suhu akan menyebabkan ketersediaan logam berat juga meningkat karena laju metabolisme dari organisme.

4.2.2 Parameter Derajat Keasaman (pH)

Parameter pH sedimen diukur menggunakan pH meter untuk tanah. Berikut merupakan hasil pengukuran pH sedimen di muara Sungai Wonorejo yang telah diukur dalam penelitian ini. Hasil pengukuran pH sedimen dapat dilihat pada gambar Gambar 4.5.

Kondisi derajat keasaman (pH) sedimen pada kedua transek tersebut cukup berfluktuatif. Nilai pH sedimen pada transek 1 berkisar 5,6 - 6,8 dimana sedimen berada disekitar *A. marina* dan pH sedimen pada transek 2 di sekitar *A. alba* antara 6,4 - 6,8.



Gambar 4. 6 pH Sedimen

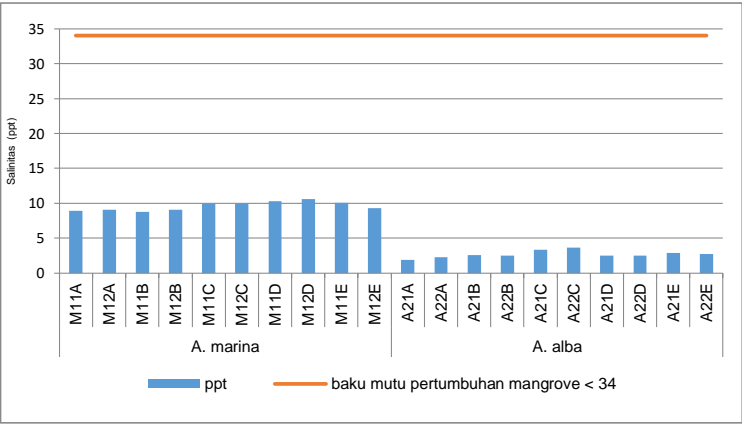
Baku mutu yang mengatur tentang pH sedimen di Indonesia belum ada. Menurut Li *et. al* (2007), pH sedimen yang berkisar 6-7 masih tergolong normal. Menurut Tam dan Wong (1994), pH netral untuk sedimen yaitu 6.7. Tetapi jika pH sedimen mempunyai nilai berkisar 5 ke bawah akan meningkatkan konsentrasi logam berat Cu. Hal ini dipertegas oleh Wuana dan Okieimen (2011) bahwa kelarutan Cu akan meningkat tajam jika pH turun drastis yaitu sekitar 5.

Tinggi rendah pH sedimen dapat mempengaruhi kelarutan logam berat. Semakin rendah pH akan meningkatkan kelarutan logam berat dan meningkatkan penyerapan logam berat oleh mangrove (Tam dan Wong, 1997). Hal tersebut juga dijelaskan oleh Hutagalung (1991), bahwa penurunan pH menyebabkan kandungan logam berat Cu semakin bertambah. Hal ini terbukti dari hasil penelitian sedimen yang berada di sekitar *A. marina* yang nilai pH yang rendah yaitu 5,6-6,8 mengandung konsentrasi logam berat Cu yang lebih tinggi dibandingkan dengan sedimen yang berada di sekitar *A. alba* yang mempunyai pH sekitar 6,4 – 6,8. Pada sedimen transek 1 pH sekitar 5,6-6,8 dengan rata-rata konsentrasi Cu yang ada sebesar 63,85 mg/kg sedangkan pada transek 2 pH yang terukur antara 6,4-6,8 dengan rata-rata konsentrasi Cu yang ada sekitar 24,85 mg/kg.

Tinggi rendahnya pH sedimen dikawasan mangrove dapat disebabkan oleh aktivitas dekomposisi oleh bakteri. Bakteri yang berperan untuk mendekomposisi serasah daun mangrove seperti *Bacillus subtilis* dan *Serratia marcescens*. Hasil dekomposisi serasah daun mangrove yaitu asam amino dan asam alifatik. Kandungan asam ini dapat meningkatkan bioavailabilitas dari logam berat. Selain itu hidrolisis tannin pada tumbuhan mangrove dan daun mangrove akan mengeluarkan macam-macam asam organik (Tam dan Wong, 2000).

4.2.3 Parameter Salinitas

Salinitas pada penelitian ini diukur pada transek 1 dan transek 2. Pada pengukuran salinitas didapatkan hasil sebagai berikut ditunjukkan pada Gamba 4.7



Gambar 4. 7 Uji Salinitas

Salinitas yang diukur menunjukan hasil yang berbeda disetiap titik pengambilan sampel dan setiap transek mempunyai nilai salinitas yang cukup fluktuatif. Nilai salinitas di sekitar *A. alba* terukur sekitar 1-3 ppt. Nilai salinitas ini sangat rendah karena berbatasan langsung dengan air sungai yang mengandung air tawar. Masukan air tawar yang berasal dari sungai membuat nilai salinitasnya semakin rendah.

Sedangkan, pada *A. marina* jarak dengan muara sungai yang mengandung air tawar relative jauh sehingga kadar salinitasnya cukup tinggi. Nilai salinitas di sekitar *A. marina* adalah 9-10 ppt. Hal yang dapat berpengaruh terhadap perbedaan salinitas adalah penguapan dan curah hujan (Nontji, 2007; Sari *et. al*, 2017).

Mangrove *A. marina* dapat hidup pada kadar salinitas antara 0-30 ppt (Robertson dan Alongi, 1992). Sedangkan *A. alba* dapat hidup dengan kadar salinitas mencapai 29,2 ppt (Afandi *et., al*, 2010). Oleh karena itu, kadar salinitas yang terukur masih memenuhi rentang hidup mangrove. Salinitas untuk rentang hidup mangrove adalah sampai dengan 34 ppt (KepMen LH No 51, 2004).

Peningkatan salinitas menyebabkan kekuatan tarik menarik antar partikel menjadi lebih kuat, sehingga saat partikel bertabrakan akan membentuk gumpalan (*floc*). Terbentuknya gumpalan ini memungkinkan terjadinya pengendapan di dasar perairan estuari. Logam yang terdapat dalam kolom air lebih cepat diendapkan pada kondisi salinitas antara 0 – 18 ppt (Chester 1990).

Menurut Nontji (2007), salinitas di lingkungan perairan dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti pola sirkulasi air, penguapan, curah hujan dan aliran sungai. Pada perairan yang dekat dengan muara sungai salinitas sangat dipengaruhi oleh adanya air laut dan air tawar.

4.2.4 Diameter Pohon Mangrove

Diameter pohon mangrove *A. marina* dan *A. alba* yang dipilih memiliki ukuran lebih dari 5 cm. Hal tersebut dikarenakan akumulasi logam berat erat kaitannya dengan umur mangrove. Berikut ukuran diameter mangrove *A. marina* dan *A. alba* yang terukur dalam penelitian ini ditujukan pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Ukuran Diamater Mangrove

Simbol	Mangrove	Ukuran Diameter (cm)	Konsentrasi Cu di Akar (mg/kg)
M11A	<i>A. marina</i>	11.7	46.25

Simbol	Mangrove	Ukuran Diameter (cm)	Konsentrasi Cu di Akar (mg/kg)
M12A		11.3	128
M11B		9.7	117.5
M12B		11.7	102.75
M11C		9.8	93
M12C		14.0	78.5
M11D		10.0	59.75
M12D		9.3	59.5
M11E		12.5	69.5
M12E		12.0	53
A21A		12.3	30
A22A	A. alba	12.0	85.25
A21B		13.3	37.75
A22B		11.8	27.25
A21C		6.7	73.25
A22C		10.5	108.25
A21D		9.5	42.25
A22D		12.0	21
A21E		9.3	64
A22E		10.3	26

Mangrove merupakan tumbuhan dikotil yang memiliki batang kambium sehingga untuk melihat umur mangrove dapat menggunakan hitungan lingkaran pohonnya. Berdasarkan data *history google earth* (Lampiran 3) penanaman mangrove dimulai tahun 2009 sehingga umur mangrove *A. marina* dan *A. alba* yang diambil di Muara Sungai Wonorejo memiliki rentang umur kurang lebih 10 tahun. Hal tersebut diperkuat dengan penelitian Nazim *et. al* (2013), tentang rentang umur mangrove berdasarkan diameter yang dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Hasil uji korelasi statistika yang dilakukan antara diameter batang dengan konsentrasi Cu yang ada di akar *A. marina* dan *A. alba*. Berikut hasil uji korelasi yang bisa dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Uji Korelasi Diameter Batang Mangrove dengan Konsentrasi Cu

	Konsentrasi Cu	Diameter batang (cm)
Konsentrasi Cu	1	
Diameter batang (cm)	-0.17368	1

Hasil korelasi antara diameter batang mangrove dan konsentrasi Cu yang ada menunjukkan nilai negatif. Hal tersebut berarti diameter batang dan konsentrasi Cu di akar mangrove mempunyai nilai berkebalikan. Korelasi negatif tersebut menunjukkan bahwa semakin besar logam berat Cu yang diserap oleh tumbuhan mangrove membuat diameter batang semakin mengecil. Menurut Yim dan Tam (1999), logam berat akan menyebabkan berkurangnya ukuran diameter batang secara signifikan karena logam berat dapat merusak jaringan tumbuhan dan dapat memperkecil ukuran diameter batang. Hal tersebut diperkuat dengan pernyataan dari Kanwar (2015), bahwa diameter mangrove mengalami penurunan ketika konsentrasi logam berat bertambah.

4.3 Biokonsentrasi Faktor

Setelah diketahui konsentrasi Cu pada sedimen dan akar dapat dihitung BCF. Nilai BCF merupakan ratio kandungan konsentrasi logam berat yang terdapat didalam akar atau daun dengan mediana. Biokonsentrasi faktor diukur untuk mengetahui kemampuan mangrove dalam mengabsorpsi logam berat yang ada di sedimen. Perhitungan nilai BCF menggunakan persamaan 1. Berikut merupakan hasil perhitungan BCF dapat dilihat pada Tabel 4.3

Tabel 4. 3 Nilai BCF

No	Nama mangrove	Simbol	Sedimen (mg/kg)	Akar (mg/kg)	BCF
1	<i>A. marina</i>	M11A	51	46,25	0,91
2		M12A	42,5	128	3,01
3		M11B	150	117,5	1,64
4		M12B	38	102,75	2,70
5		M11C	147	93	1,50
6		M12C	27	78,5	2,91
7		M11D	44,5	59,75	1,34
8		M12D	18,5	59,5	3,22
9		M11E	79	69,5	1,34
10		M12E	41	53	1,29
11	<i>A. alba</i>	A11A	26,5	30	1,13
12		A12A	29,5	85,25	2,89
13		A11B	32	37,75	1,18
14		A12B	24	27,25	1,14
15		A11C	32	73,25	2,29
16		A12C	37,5	108,25	2,89
17		A11D	22	42,25	1,92
18		A12D	10,5	21	2,00
19		A11E	23,5	64	2,72
20		A12E	11	26	2,36

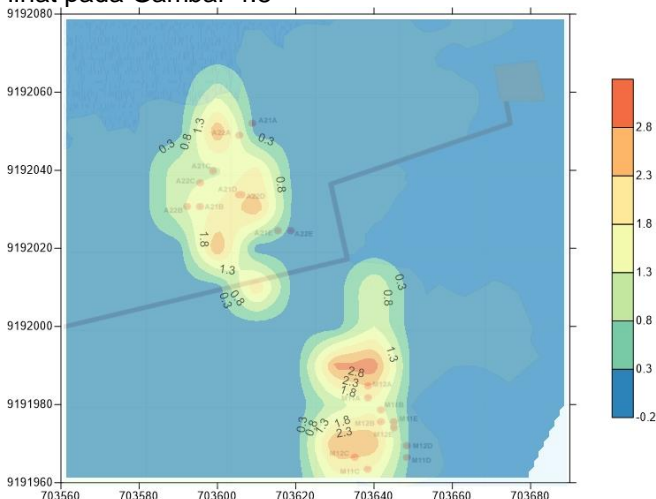
Nilai BCF mangrove *A. marina* adalah 0,91 - 3,01 dan *A. alba* adalah 1,13 – 2,89. Dari hasil tersebut nilai BCF dari *A. marina* maupun *A. alba* rata-rata lebih besar dari 1 (>1). Sehingga dapat disimpulkan bahwa *A. marina* dan *A. alba* merupakan tumbuhan yang mempunyai efisiensi tinggi sebagai tumbuhan hiperakumulator logam berat Cu (Bini, 1995; Titah,

2016). Besar kecilnya nilai BCF dipengaruhi oleh beberapa hal seperti jenis logam berat, organisme yang ada, dan kondisi perairan (Hutagalung, 1996).

Nilai BCF yang besar juga menunjukkan bahwa akumulasi logam berat Cu relatif besar dari sedimen ke akar mangrove. Konsentrasi nilai Cu di sedimen dipengaruhi oleh suhu, salinitas, pH dan masukan limbah dari berbagai sumber seperti industri dan limbah domestik.

Penelitian ini membuktikan bahwa rata-rata kandungan akar yang ada pada mangrove *A. marina* dan *A. alba* lebih besar dari kandungan sedimen yang berada di sekitarnya. Menurut Krupadam *et. al* (2007), konsentrasi logam berat pada jaringan tumbuhan meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi sedimen.

Setelah dilakukan perhitungan biokonsentrasi factor kemudian dilakukan kontur sebaran BCF di transek *A. marina* dan *A. alba*. Berikut merupakan sebaran BCF yang dapat di lihat pada Gambar 4.8



Gambar 4.8 Peta Sebaran BCF Pada *A. marina* dan *A. alba*

Pada peta sebaran BCF *A. marina* nilai BCF akan semakin rendah ketika mendekati laut hal ini karena salinitas di

daerah dekat laut tingkat salinitasnya tinggi sehingga penyerapan konsentrasi Cu yang dilakukan oleh mangrove *A. marina* juga semakin kecil. Pada peta sebaran BCF di *A. alba* semakin mendekati sungai nilai BCF semakin besar.

4.4 Uji Korelasi dan Signifikansi

Uji statistika korelasi dan signifikansi antara konsentrasi Cu dan parameter suhu, salinitas dan pH yang sudah dilakukan didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 4. 4 Uji Korelasi

	ph	suhu	salinitas	cu sedimen	cu akar	batang cm	bcf
ph	1						
suhu	-0.540	1					
salinitas	-0.660	0.575	1				
cu sedimen	-0.212	0.266	0.607	1			
cu akar	-0.254	0.257	0.470	0.617	1		
batang cm	-0.111	0.037	0.067	-0.062	-0.174	1	
bcf	-0.142	0.051	0.007	-0.357	0.478	-0.204	1

Pada uji korelasi didapatkan hubungan parameter konsentrasi sedimen Cu dengan pH adalah negative yang berarti semakin tinggi konsentrasi Cu sedimen maka pH nya akan semakin rendah. Korelasi konsentrasi sedimen Cu dan suhu memiliki tanda positif yang memiliki arti semakin tinggi suhu maka konsentrasi Cu juga semakin besar. Sedangkan korelasi konsentrasi sedimen Cu dengan salinitas memiliki nilai positif.

Untuk korelasi konsentrasi Cu di sedimen dengan konsentrasi Cu di akar mangrove nilai positif yang memiliki arti semakin tinggi konsentrasi Cu di sedimen maka penyerapan yang dilakukan oleh akar juga semakin besar. Hal ini sesuai dengan penelitian MacFarlane *et. al* (2003), bahwa ada korelasi

yang signifikan antara kadar logam berat yang ada di sedimen dengan logam berat Cu yang ada di jaringan tumbuhan dalam hal ini akar mangrove.

Setelah diketahui nilai korelasi kemudian dicari nilai signifikansi antar parameter. Berikut merupakan nilai signifikansi dari parameter yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.5-4.7 Uji signifikansi ($P < 0.05$) yang dilakukan menggunakan SPSS. Nilai signifikansi yang menunjukkan merupakan faktor yang signifikan. Setelah dilakukan uji signifikansi antara konsentrasi Cu dengan pH, suhu dan salinitas menunjukkan bahwa nilai salinitas yang paling signifikan karena mempunyai nilai $P < 0.05$. Nilai pH dan suhu menunjukkan $P > 0.05$ yang menandakan faktor suhu dan pH tidak signifikan terhadap perubahan konsentrasi Cu yang ada di sedimen. Tabel lengkap uji signifikansi dapat dilihat pada Tabel 4.5

Untuk signifikansi antara konsentrasi Cu sedimen dan konsentrasi Cu diakar didapatkan nilai $P < 0.05$ yang berarti konsentrasi Cu yang berada di sedimen sangat berpengaruh terhadap penyerapan logam berat Cu yang dilakukan oleh mangrove *A. marina* dan *A. alba*. Dari hasil uji signifikansi beberapa parameter menandakan faktor yang paling signifikan terhadap penyerapan logam berat Cu yang dilakukan oleh akar berasal dari konsentrasi logam berat di sedimennya. Tabel Uji signifikansi konsentrasi Cu di sedimen dan di akar dapat dilihat pada Tabel 4.6

Uji signifikansi yang dilakukan pada BCF dengan diameter batang mempunyai nilai $P > 0.05$ yang menunjukkan nilai BCF tidak signifikan terhadap diameter batang. Tabel signifikansi BCF dengan diameter batang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. 5 Uji Signifikansi Konsentrasi Cu Sedimen dengan pH, Suhu dan Salinitas

Coefficients^a

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1 (Constant)	307,642	165,261		1,862	,081
pH	-10,141	10,207	-,243	-,993	,335
Suhu	-6,488	4,631	-,315	-1,401	,180
Salinitas	-2,788	1,117	-,628	-2,495	,024

a. Dependent Variable: Konsentrasi Cu Sedimen

Tabel 4. 6 Uji Signifikansi Konsentrasi Cu Sedimen dengan Konsentrasi Cu di Akar

Coefficients^a

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1 (Constant)	23,224	14,135		1,643	,118
Konsentrasi Cu Sedimen	1,232	,370	,617	3,326	,004

a. Dependent Variable: Akar

Tabel 4. 7 Uji Signifikansi BCF dengan Diameter Batang

Coefficients^a

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1 (Constant)	3,059	1,166		2,624	,017
Batang	-,095	,105	-,208	-,902	,379

a. Dependent Variable: BCF

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil pada penelitian ini meliputi:

1. Konsentrasi sedimen rata-rata logam berat Cu yang terdapat di muara Sungai Wonorejo pada transek 1 yaitu 63,85 mg/kg sedangkan pada transek 2 konsentrasi logam berat Cu rata-rata yang ada di sedimen sebesar 24,85 mg/kg. Transek 1 merupakan kawasan sedimen di *sekitar A. marina*. Sedangkan transek 2 merupakan kawasan sedimen di sekitar *A. alba*. Untuk kandungan konsentrasi Cu pada akar *A. marina* di muara Sungai Wonorejo sekitar 80,78 mg/kg dan akar *A. alba* mempunyai konsentrasi sekitar 51,5 mg/kg.
2. Nilai *Bioconsentrasi Factor* (BCF) dari mangrove *A. marina* rata-rata mempunyai nilai sebesar 0,91 - 3,01 dan *A. alba* adalah 1,13 – 2,89. Nilai BCF menunjukkan kedua mangrove merupakan tumbuhan hiperakumulator terhadap logam berat karena nilai BCF melebihi 1.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan dalam penelitian ini meliputi :

1. Pengukuran konsentrasi Cu pada sedimen sebaiknya dilaksanakan secara berkala untuk mengetahui konsentrasi logam berat yang ada di kawasan estuari khususnya di Surabaya. Pengukuran meliputi musim hujan dan musim kemarau.
2. Pengukuran konsentrasi logam berat lainnya yang meliputi logam esensial dan non esensial di seluruh muara pantai timur Surabaya untuk mengetahui pencemaran yang terjadi.
3. Penanaman dan pebudidaya hutan mangrove di sepanjang muara sungai di Surabaya karena terbukti mangrove jenis *A. marina* dan *A. alba* merupakan

tanaman hiperakumulator logam berat sehingga pencemaran muara sungai dapat dicegah.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiwijaya, H. 2008. Kondisi Mangrove Pantai Timur Surabaya dan Dampaknya Terhadap Lingkungan Hidup. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan* 1.
- Ali, R.M. 2009. Kemampuan Tanaman Mangrove untuk Menyerap Logam Berat Merkuri (Mg) dan Timbal (Pb). Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur.
- Alloway, B.J. 1994. *Toxic Metals in Soil plant Systems*. Chichester. UK: Jhon Wiley and Sons.
- Alongi, D.M. 2008. Mangrove forests: Resilience, protection from tsunamis, and responses to global climate change. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 76: 1-13.
- Amin, B., Evy, A., Mikel A.S. 2011. Distribusi Spasial Logam Pb dan Cu pada Sedimen dan Air Laut Permukaan di Perairan Tanjung Buton Kabupaten Siak Propinsi Riau. *Jurnal Teknologi* II,1-8.
- Apriyono, A dan Taman, A. 2013. Analisis Overreaction Pada Saham Perusahaan Manufaktur Di Bursa Efek Indonesia (Bei) Periode. *Jurnal Nomina*.
- Arief, A. 2003. *Hutan Mangrove Fungsi dan Manfaatnya*. Kanisius : Yogyakarta.
- Arifin,Z dan Fadhlina,D. 2009. Fraksinasi Logam Berat Pb, Cd, Cu dan Zn dalam Sedimen Logam Berat Pb, Cd, Cu dan Zn dalam Bioavailabilitasya bagi Biota di Perairan Teluk Jakarta. *Jurnal ilmu kelautan* 14, 1: 27-32.
- Arisandy, K.R., E.Y Herawati., E. Suprayitno. 2012. Akumulasi Logam Berat Timbal (Pb) dan Gambaran Histologi pada Jaringan Avicennia Marina (Forsk) Vierh di Perairan Pantai Jawa Timur. *Jurnal Penelitian Perikanan*, 1: 15-25.
- Arisandi. 2001. Mangrove Jenis Api-api (Avicennia marina) Alternatif Pengendalian Logam Berat Pesisir.
- Arnot, J. A dan Gobas, F.A.P.C. 2006. A Riview of Bioconcentration Factor (BCF) and Accumulation Factor (BAF) Assessment for Organic Chemicals in Aquatic Organism. NRC Reserch Pres Web.

- Badan Lingkungan Hidup Kota Surabaya. 2012. *Laporan Pengendalian Kawasan Pesisir dan Laut Tahun 2012*.
- Badan Lingkungan Hidup Koata Surabaya. 2016. Laporan Pemantauan Kualitas Air Laut Di Kawasan Pesisir Dan Laut Kota Surabaya Tahun 2016.
- Badan Lingkungan Hidup Kata Surabaya. 2012. *Profil Keanekaragaman Hayati Kota Surabaya*.
- Badan Meteorologi dan Geofisika Jawa Timur. 2016.
- Baker, A.J dan Walker, P.I. 1990. Ecophysiology of metal uptake by tolerant plants. In: Shaw, A.J. (Ed.), Heavy Metal Tolerance in Plants: Evolutionary Aspects. CRC Press, Florida, 155–178.
- Bini, C.L., Gentili,L., Maleci, B.,Vaselli,O. 1995. Trace elements in plant and soils of urban parks. *Annexed tocontaminated soil prost*. INRA, Paris.
- Canadian Council of Minister of the Environment. 2001.
- Chester R. 1990. *Marine Geochemistry*. London : Unwin Hyman Ltd
- Cobbett C and Goldsbrough P, 2002. Phytochelatins and metallothioneins: roles in heavy metal detoxification and homeostasis. *Annu Rev Plant Biol* 53, 159-182.
- Collen,J.D., Atkinson,J.E., dan Patterson,J.E,. 2011. Trace Metal Patitioning in Nearshore Tropical Environment: Geochemistry of Carbonate Reef Flats Adjacent to Suva Harbor Fiji Islands. *Pasific Science* 65, 1 : 95-107.
- Crumbie M.C.1987. *Avicennia Marina The Grey Mangrove*. Buletin 32.
- Dahuri, R. 2001. *Pengelolaan Sumber Daya Pesisir dan Lautann Secara Terpadu*. PT Paradya Paramitha. Jakarta.
- Darmono dan Bahri. 1989. Definisi Cu dan Zn pada Sapi di Daerah Transmigrasi Kalimantan Selatan. *Penyakit Hewan* 21(38): 128-131.
- D'mello, C.A.N dan Nayak, G.N. 2016. Asessment of metal enrichment and their bioavaibility in sediment and bioaccumulation by mangrove plant pneumatophores in a tropical (Zauri), estuary, west coast of India. *Marine Polution Bulletin*. 110, 221-230.

- Du Liang., G.R. De Vos., B. Vandecasteele., E. Lesage., F.M.G. Tack., M.G. Verloo. 2008. Effect of salinity on heavy metal mobility and availability in intertidal sediments of the Scheldt estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 77: 589-602
- Efendi, H., 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengolahan Sumberdaya Hayati Lingkungan Perairan*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Efriyeldi. 1999. Sebaran Spasial Karakteristik Sedimen Dan Kualitas Air Muara Sungai Banten Tengah, Bengkalis Kaitannya Dengan Budaya KJA (Keramba Jaring Apung). Fakultas Perikanan Universitas Riau. Riau. *Jurnal Natur Indonesia II* (I), 85-92.
- Fitriani, S.D. 2013. Kandungan Logam Berat Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb) pada Stadia Umur Lamun di Perairan Bojonegoro Teluk Banten. Skripsi. Universitas Padjadjaran.
- Greger, M. 2004. Metal Availability, Uptake, Transport and Accumulation in Plants. In Prasad, M. N. V. (Ed). *Heavy Metal Stress in Plants: From Biomolecules to Ecosystems*. Springer. Berlin. 1-27.
- Halidah. 2014. *Avicennia Marina* (Forssk.) Vierh Jenis Mangrove Yang Kaya Manfaat. *Info Teknis EBONI* 11, 1: 37 – 44.
- Hamzah, F dan A. Setiawan. 2010. Akumulasi Logam Berat Pb, Cu, dan Zn di Hutan Mangrove Muara Angke, Jakarta Utara. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 2: 41-52.
- Haqae, M.A. dan Subramanian, V. 1982. Cu, Pb and Zn Pollution of Soil Environment. *The CRC Critical Review IN Environmental Control* 12, 13-90.
- Hogarth, P.J. 1999. *The Biology of Mangroves*. Oxford University Press. 228 p.
- Hasan, I. 2006. *Analisis Data Penelitian dengan Statistik*. Jakarta: Bumi Aksara.

- Hutagalung, H.P dan Sutomo. 1996. Kandungan Pb, Cd, Cu, Zn dalam Air, Sedimen dan Kerang Darahdi Periran Teluk Banten, Jawa Barat. P30-LIPI. Jakarta
- Ito, C., Sinya, K., Yuichi, K., Hugh, T.W. Tan., Hiroshi F. 2000. Chemical Constituents of *Avicennia alba* Isolation and Structural Elucidation of New Nephthoquinones and Their Analogues. *Chem Pharm Bull* 48, 3: 339-343.
- ITRC. 2001. Phytotechnology Technical and Regulatory Guidance Document
- Jeibet, J. 2007. *Analisis Logam Berat Cd, Cu, Pb, dalam Sedimen dan Air Laut di Teluk Salut Tuaran*. Sekolah Sains dan Teknologi, Universiti Malaysia, Sabah.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51. 2004. *Baku Mutu Air Laut*.
- Kr'ibek, B., Martin, M., Ondra, S., Ilja, K., Ettler, V., Nyambe, I. 2010. The Extent of Arsenic and of Metal Uptake by Aboveground Tissues of *Pteris vittata* and *Cyperus involucratus* Growing in Copper- and Cobalt-Rich Tailings of the Zambian Copperbelt. *Arch Environ Contam Toxicol*, 61:228–242.
- Krupadam R.J., R. Ahuja dan S. R. Wate. 2007. Heavy metal binding fractions in the sediments of the Godavari estuary, East Coast of India. *Environ Model Assess*. 12:145–155.
- Kumar, J.I.N., Sajish P.R., Kumar R.N., Basil G., Shailendra V. 2011. Bioaccumulation of Lead, Zinc and Cadmium in *Avicennia marina* Mangrove Ecosystem near Narmada Estuary in Vamleshwar, West Coast of Gujarat, India. *Journal Environmental Application & Science*, 6 (1): 008-013.
- Li, M.S., Luo, Y.P., Su, Z.Y. 2007. Heavy metal concentrations in soils and plant accumulation in a restored manganese mineland in Guangxi, South China. *Environ Pollutan*. 147: 168–175.
- Lindsey, M.D., M.M. James., dan M.G. Hector. 2004. An Assessment of metal Contamination in Mangrove Sediments and Leaves from Punta Mala Bay, Pasific Panama. *Marine Pollution Bulletin*, 50: 547-522.

- Ma, L.Q., K.M. Komar., C.Tu dan W.A Zang. 2001. A fern that Hyperaccumulator arsenic. *Nature*, 409:579.
- MacFarlane.G.R dan Burchett, M.D., 2001. Photosynthetic Pigments and Peroxidase Activity as Indicators of Heavy Metal Stress in the Gray Mangrove, *Avicennia marina* (Forsk) Vierh. *Marine Pollution Bulletin*, 42(3) :233-240.
- Mac Farlane, G.R., Pulkownik, A., Burchett, M.D., 2002. Accumulation and distribution of heavy metals in grey mangrove, *Avicennia marina* (Forsk) Vierh: biological indication potential. *Environmental Pollution*, 123: 139-151.
- Marques.,Ana P G C., António O. S.,S. Rangel dan Paula M. L.Castro. 2014. Remediation of Heavy Metal Contaminated Soils: Phytoremediation as a Potentially Promising Clean-Up Technology. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*
- Martuti, N.T.M dan Irsandi, A. 2014. Peranan Mangrove sebagai Biofilter Pencemar Air Wilayah Tambak Bandeng Tapak, Semarang. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, 21:2.
- Martuti, N.T.M., Budi W., Bambang Y. 2016. Copper Accumulation on *Avicennia Marina* in Tapak, Tugurejo, Semarang, Indonesia. *Waste Technology*. 4(1):40-45.
- Milss, W.B. 1995. *Water Quality Assesment: A Screening Procedure for Toxic and Conventional Pollutants in Surface and Ground Water*.
- Mulyadi, E., Laksmono, R., Aprianti, D. 2009. *Fungsi Mangrove Sebagai Pengendali Pencemar Logam Berat*. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan* 1.
- Nazim, K., Ahmed, M., Shaukat, S.S., Khan, M.U., Ali, Q.M. 2013. Age and Growth Rate Estimation of Gray Mangrove *Avicennia marina* (Forsk) Vierh from Pakistan. *Pak. J. Bot* 45(2):535-542.
- Nontji, A. 2007. Laut Nusantara. Djambatan. Jakarta.
- Noor, Y.R., Khazali, M., Suryadiputra, I N.N. 2012. *Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia*. PHKA/WI-IP, Bogor Cetakan 3.

- Owen, R.B dan N. Shandu. 2000. Heavy Metal Accumulation and Antropogenic Impact on Tolo Harbour. *Hongkong Marine Pollution Bulletin*. 40(2) 174-180.
- Pakzadtoochaei, S dan Einollahipeer, F. 2013. Monsoon effects on Variation of heavy metals in Gwatr mangrove forests of Iran. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*. 4 (7): 1946-1952
- Panjaitan G.C. 2009. *Akumulasi Logam Berat Tembaga (Cu) pada pohon Avicennia Marina di Hutan Mangrove*.
- Rodtassan, C dan Poungharn, S. 2012. Quantitative Analysis Of The Root System Of Avicennia Alba Based On The Pipe Model Theory. *ScienceAsia*, 38: 414–418.
- Rochayatun, E., Kaisupy, M.T., Rozak, A. 2006. Distribusi Logam Berat Dalam Air dan Sedimen di Perairan Muara Sungai Cisadene. *Jurnal Makara Sains* 10, 1: 35-40.
- Palar, H. 2008. Pencemaran dan Toksisitas Logam Berat. Jakarta: Rienika Cipta.
- Paria, S., dan Yuet, K. 2006. Solidification/ Stabilisation of organic and Inorganic Contaminants Using Portland Cement. Literature Review. *Environmental Reviews*, 14 : 217-255.
- Peters, E.C., Gassman, N.J., Firman, J.C., Richmond, R.H., Power, E.A. 1997. Ecotoxicology of tropical marine ecosystems. *Environ Toxicol Chem* 16, 12-40.
- Pumijumong dan Danpradit. 2016. Heavy metal accumulation Sediments and Mangrove Forest Stem from Surat Thani Province, Thailand. *The Malaysian forester* 1&2, 212-228s
- Purnobasuki dan Suzuki. 2005. Tinjauan Perspektif Hutan Mangrove. PT Airlangga University Press. Surabaya.
- Puspayanti, N.M., Andi, T.T., Samsurizal, M.S. 2013. Jenis-Jenis Tumbuhan Mangrove di Desa Lebo Kecamatan Parigi Kabupaten Parigi Moutong dan Pengembangannya sebagai Media Pembelajaran. *E Jipbiol*, 1: 1-9.
- Sandilyan, S dan Katheresan, K. 2014. Declinr of Mangrove-A treat of heavy metal poisoning in Asia. *Ocean and Coastal Management* 102.
- Sarasiab., Raeisi, A., Mirsalari, Z., Hossein, M. 2014. Distribution and Seasonal Variation of Heavy Metal in

- Surface Sediments from Arvand River, Persian Gulf. *J Marine Sci Res Dev*, 4:3
- Sari, S.H.J., J.F.A Kirana., Guntur. 2017. Analisis Kandungan Logam Berat Hg dan Cu Terlarut di Perairan Pesisir Wonorejo, Pantai Timur Surabaya. *Jurnal Pendidikan Geografi*. 1 (1:9).
- Sarjono, A. 2009. Analisis Kandungan Logam Berat Cd, Pb dan Hg Pada Air dan Sedimen di Perairan Kamal Muara, Jakarta Utara. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB Bogor
- Setiawan, H. 2013. Akumulasi dan Distribusi Logam Berat pada Vegetasi Mangrove di Perairan Pesisir Sulawesi Selatan. *Jurnal Ilmu Kelautan* 7:1.
- Setiawan, H dan Endro, S. 2015. Konsentrasi Logam Berat pada Air dan Sedimen di Perairan Pesisir Propinsi Sulawesi Selatan. *Forest Rehabilitation Journal*, 3:1.
- Setyowati, S., Suprpti, N.H., Wiryani, E. 2003. Kandungan Logam Tembaga (Cu) dalam Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*), Perairan dan Sedimen Berdasarkan Tata Guna Lahan di Sekitar Sungai Banger Pekalongan. *Skripsi*. FMIPA . UNDIP.
- SNI 06-6992.5-2004 tentang Sedimen – Bagian 5: Cara Uji Tembaga (Cu) secara Destruksi Asam dengan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA).
- SNI 06-6989. 23-2005. Standar Nasional Indonesia. Air dan air limbah – Bagian 23: Cara uji suhu dengan termometer.
- SNI 06-6989.11. Standar Nasional Indonesia. Cara uji pH dengan pH meter.
- SNI 06-6989.11 Kualitass Air Laut - Bagian 8 Metode Pengambilan Contoh Uji Air Laut.
- Sugianto, R.A.N., Defri, Y., Syarifah, H.J.S. 2016. Analisis Daya Serap Akar Mangrove *Rhizophora mucronata* dan *Avicennia marina* Terhadap Logam Berat Pb dan Cu Di Pesisir Probolinggo, Jawa Timur. Seminar Nasional Perikanan dan Kelautan VI.
- Suny, B.T., Sulaiman, A.H., Monazami., Salleh, A. 2011. *Assessment of Sediment Quality Accorring to Heavy Metal Status in the West Port of Malaysia*.

- Taftazani, A. 2007. Distribusi Konsentrasi Logam Berat Hg Dan Cr Pada Sampel Lingkungan Perairan Surabaya. *Prosiding PPI – PDIPTN*.
- Tam, N. F. Y. and Wong, Y. S. 1994. Nutrient and heavy metal retention in mangrove sediment receiving wastewater. *Science Technology* 29 (4), 193-200.
- Tam, M.F.Y dan Wong, Y.S, 1996. Retention and distribution of heavy metals in Mangrove Soils Receiving Wastewater. *Environmental Pollution* 94, 3: 283-291.
- Tam, M.F.Y dan Wong, Y.S, 1997. Accumulation and Distribution of Heavy Metal in a Simulated Mangrove System Tread with Sawege. *Asia Pasifik Conference on Science and Managemant of Coastal Environment*.
- Tam, M.F.Y dan Wong, Y.S, 2000. Spatial variation of heavy metals in surface sediments of Hong Kong mangrove swamps. *Environmental Pollution* 110 (192-205).
- Titah, H.S., Idris, M., Abdullah, S.R.S., Latif, M.T., Abasa, A.R., Husin, A.K., Hanima, R.F., Ayub, R. 2014. Screening and Identification of Plants at a Petroleum Contaminated Site in Malaysia For Phytoremediation. *Journal of Environmental Science and Management* 19(1): 27-36.
- Tjardhana dan Purwanto, E. 1995. Hutan mangrove Indonesia. *Duta Rimba* 21: 2-17.
- Tukura, B. W., Usman, N. L., Mohammed, H. B. 2013. Aqua Regia and Ethylediaminetetracetic Acid (EDTA) Trace Metal Levels in Agricultural Soil. *Journal of Environmental Chemistry and Ecotoxicology* 5, 11: 284-291.
- Usman A.R.A dan Mohamed, H.M. 2009. Effect of microbial inoculation and EDTA on uptake and translocation of heavy metals by corn and sunflower. *Chemosphere*, 76: 893-899.
- Wangcharoenrung, E. 2015. *Thailand Soil and Groundwater Pollution, Remediation and Management Strategies in last 2 years*. Pollution Control Department Thailand.
- Whitace, D.M. 2011. Reviews of Environmental Contamination and Toxicology. Springer New York. *Dordrecht Heidelberg London*.
- Widodo. 2013. Analisis Pengaruh Antara Faktor Pendidikan, Motivasi Dan Budaya Kerja Terhadap Kinerja Pegawai

- Dalam Pelaksanaan Pelayanan Publik (Studi Kasus Pada Badan Pelayanan Perijinan Terpadu Kota Pontianak).
- Wuana, R.A, dan Okieimen, F.E. 2011. Heavy Metal in Contaminated Soil: A Review of Sources, Chemistry, Risk and Best Available Strategies for Remediation. *Internasional Scholarly Research Netwok*. 2011(20).
- Yim dan Tam. 1999. Effects of Wastewater-borne Heavy Metals on Mangrove Plants and Soil Microbial Activities. *Marine Pollution Bulletin*. 39: (179-186)
- Yu, K. F., Kamber, B.S., Lawrence, M.G., Greig, A., Jian, X.Z. 2006. High-precision analysis on annual variations of heavy metals, lead isotopes and rare earth elements in mangrove tree rings by inductively coupled plasma mass spectrometry. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* 255 (399–408)
- Yudasakti, P., Tyagita, R., Mega, N. 2014. *Mangroves Siak & Kepulauan Meranti. Environmental & Regulatory Compliance Division Safety, Health & Environment Department Energi Mega Persada.*
- Zheng, W.J., Chen, X.Y., Lin, P. 1997. Accumulation and biological cycling of heavy metal elements in *Rhizophora stylosa* mangroves in Yingluo Bay, China. *Marine Ecology Progress Series*. 159 (293-301).
- Zulaika, E., Luqman, A., Arindah, T., Sholikah, U. 2012. Bakteri Resisten Logam Berat yang berpotensi Sebagai Biosorben dan Bioakumulator. Seminar Nasional Waste Management for Sustainable Urban Development.

Halaman ini sengaja dikosongkan

Lampiran 1

1. Tahapan metode destruksi basah

Menurut Tukura *et al.* (2013), beberapa tahapan yang dilakukan pada ekstraksi zat pencemar inorganik, antara lain:

1. Penyiapan larutan *aqua regia*

a. Disiapkan larutan HCl 37% atau 11,96 M sebanyak 1000 mL

b. Disiapkan larutan HNO₃ 70% atau 16,52 M sebanyak 1000 mL

c. Larutan HCl 37% dan HNO₃ 70% dicampur dengan perbandingan dalam v/v sebesar 3:1.

Dalam 1000 mL larutan *aqua regia* terdapat 750 mL larutan HCl dan 250 mL larutan HNO₃

d. Larutan *aqua regia* siap digunakan untuk ekstraksi zat inorganik.

2. Sedimen diambil sebanyak 1 gram dengan spatula dan dimasukkan labu Erlenmeyer.

3. Ditambahkan larutan *aqua regia* ke dalam labu Erlenmeyer sebanyak 28 mL.

4. Campuran sampel sedimen dan larutan *aqua regia* didiamkan selama 24 jam.

5. Campuran sampel sedimen dan larutan *aqua regia* dipanaskan dengan kompor listrik bersuhu 140°C sampai hampir kering.

6. Ditambahkan aquades sampai volume larutan 20 mL, kemudian sampel disaring dengan kertas saring.

7. Larutan hasil proses penyaringan diencerkan dengan aquades sampai volume 50 mL menggunakan labu ukur.

8. Larutan hasil proses ekstraksi siap untuk dianalisis konsentrasi total tembaga dengan menggunakan metode AAS.

Halaman ini sengaja dikosongkan

Lampiran 2




Contoh Perhitungan Konsentrasi Cu




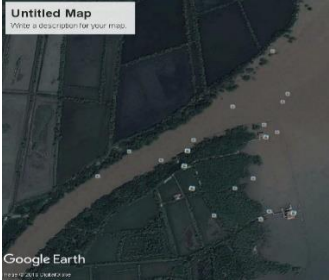


- Massa tanah terekstraksi = 1 gram
- Volume sampel hasil ekstraksi = 50 mL
- Konsentrasi larutan hasil ekstraksi = 1.02 mg/L
- Beban pencemar kromium =
$$\frac{\text{konsentrasi Cr} \times \text{volume larutan}}{\text{massa tanah}}$$
$$= \frac{1.02 \text{ mg/L} \times 50 \text{ mL}}{1 \text{ gram}} = 51 \text{ mg/kg}$$

Halaman ini sengaja dikosongkan




Lampiran 3





Umur Mangrove Ditinjau dari Citra Satelit



	
Tahun 2002	Tahun 2006
	
7 November 2009	11 Desember 2009

	
Tahun 2010	Tahun 2011
	
Tahun 2012	Tahun 2013
	
Tahun 2014	Tahun 2016

Lampiran 4
Pengambilan Sampel

No	Kegiatan	Keterangan
1		<i>A. marina</i>
2		<i>A. alba</i>
3		Plotting transek




4		Pengukuran diameter batang
5		Pengukuran suhu
6		Pengambilan sampel
7		Pengukuran GPS

8		Pengukuran Salinitas
9		Uji pH

Halaman ini sengaja dikosongkan


Lampiran 5
Preparasi Sampel

No	Kegiatan	Keterangan
1		Pemotongan akar dan pembersihan sedimen
2		Penimbangan
3		Destruksi Basah

4		Penyaringan
5		Pengenceran
6		Sampel hasil destruksi

Lampiran 6

Hasil Uji AAS Sedimen



JURUSAN TEKNIK KIMIA FTI - ITS
TEAM AFILIASI DAN KONSULTASI INDUSTRI
 KAMPUS ITS, SUKOLILO - SURABAYA, TELP. (031) 5922935 FAX. (031) 5999282


KETERANGAN HASIL ANALISA
 No.43/LTAKI/III/2017

Terima dari : **Bapak Edy**
 T.Lingkungan FTSP-ITS
 Surabaya

Jenis contoh : Air
 Diterima tgl. : 16 Maret 2017

Parameter	Hasil analisa Cu, mg/l	Parameter	Hasil analisa Cu, mg/l
1	1,20	21	0,53
2	1,51	22	0,64
3	2,93	23	0,64
4	1,69	24	0,44
5	2,56	25	0,47
6	1,85	26	0,59
7	4,70	27	0,48
8	3,72	28	0,11
9	2,59	29	0,21
10	2,78	30	0,22
11	2,88	31	3,41
12	3,00	32	1,09
13	2,94	33	4,33
14	2,82	34	0,84
15	1,58	35	1,04
16	0,85	36	5,12
17	0,76	37	4,11
18	0,54	38	3,44
19	0,37	39	2,38
20	0,82	40	2,12

Keterangan :
 • Hasil analisa tersebut diatas berdasarkan contoh yang kami terima
 16 Maret 2017



Dr. Nurkhatidjah, ST, MS, Ph.D
 Kepala Laboratorium TAKI



JURUSAN TEKNIK KIMIA FTI - ITS
TEAM AFILIASI DAN KONSULTASI INDUSTRI
KAMPUS ITS, SUKOLILO - SURABAYA, TELP. (031) 5922935 FAX. (031) 5999282

KETERANGAN HASIL ANALISA

No.02/L.TAKI/IV/2017

Terima dari : **Sdr. Bintang**
Mhs.T.Lingkungan FTSP-ITS
Surabaya
Jenis contoh : air
Uji : Cu
Diterima tgl. : 31 Maret 2017

Kode contoh	Hasil analisa	Methode analisa
	Cu ,mg/l	
S11A	1,02	AAS
S11D	0,89	
S22C	0,75	

Keterangan :

- Hasil analisa tersebut diatas berdasarkan contoh yang kami terima.

Surabaya, 1 April 2017


Siti Nurkhamida, ST, MS, Ph.D
Kepala Laboratorium TAKI

No	Simbol	Berat Kering (mg)	Pengenceran (mL)	Hasil AAS (mg/L)	Konsentrasi Cu (mg/kg)
1	S11A	1	50	1.02	51
2	S12A	1	50	0.85	42.5
3	S11B	1	50	3	150
4	S12B	1	50	0.76	38
5	S11C	1	50	2.94	147
6	S12C	1	50	0.54	27
7	S11D	1	50	0.89	44.5
8	S12D	1	50	0.37	18.5
9	S11E	1	50	1.58	79
10	S12E	1	50	0.82	41
11	S21A	1	50	0.53	26.5
12	S22A	1	50	0.59	29.5
13	S21B	1	50	0.64	32
14	S22B	1	50	0.48	24
15	S21C	1	50	0.64	32
16	S22C	1	50	0.75	37.5
17	S21D	1	50	0.44	22
18	S22D	1	50	0.21	10.5
19	S21E	1	50	0.47	23.5
20	S22E	1	50	0.22	11

Lampiran Hasil Uji AAS Akar

No	Simbol	Mangrove	Berat Kering (mg)	Pengenceran (mL)	Hasil AAS (mg/L)	Konsentrasi Cu (mg/kg)
1	M11A	<i>A. marina</i>	1	25	1.85	46.25
2	M12A		1	25	5.12	128
3	M11B		1	25	4.7	117.5
4	M12B		1	25	4.11	102.75
5	M11C		1	25	3.72	93
6	M12C		1	25	3.14	78.5
7	M11D		1	25	2.39	59.75
8	M12D		1	25	2.38	59.5
9	M11E		1	25	2.78	69.5
10	M12E		1	25	2.12	53
11	A21A	<i>A. alba</i>	1	25	1.2	30
12	A22A		1	25	3.41	85.25
13	A21B		1	25	1.51	37.75
14	A22B		1	25	1.09	27.25

No	Simbol	Mangrove	Berat Kering (mg)	Pengenceran (mL)	Hasil AAS (mg/L)	Konsentrasi Cu (mg/kg)
15	A21C		1	25	2.93	73.25
16	A22C		1	25	4.33	108.25
17	A21D		1	25	1.69	42.25
18	A22D		1	25	0.84	21
19	A21E		1	25	2.56	64
20	A22E		1	25	1.04	26

Halaman ini sengaja dikosongkan

Lampiran 7

Hasil uji parameter pendamping

Lampiran Hasil Uji Suhu

Simbol	Mangrove	Suhu (°C)	pH	Ppt
S11A	<i>A. marina</i>	28	6.6	8.91
S12A		29	6.8	9.04
S11B		29.5	6.4	8.8
S12B		29.5	5.6	9.05
S11C		29.5	6.2	10
S12C		30	5.6	10
S11D		31	6.2	10.3
S12D		30	6	10.6
S11E		31	6.2	10.1
S12E		30	6.2	9.3
S21A	<i>A. alba</i>	29	6.4	1.9
S22A		29	6.6	2.25
S21B		28.5	6.8	2.56
S22B		29	6.8	2.5
S21C		29	6.4	3.31
S22C		30	6.8	3.63
S21D		29	6.4	2.51
S22D		29	6.8	2.46
S21E		28.5	6.8	2.91
S22E		29	6.8	2.7

Halaman ini sengaja dikosongkan

BIOGRAFI PENULIS



Penulis yang memiliki nama lengkap Bintang Respati Dwi Harnani lahir di Kebumen pada tanggal 15 Desember 1994. Penulis mengenyam pendidikan dasar pada tahun 2001-2007 di SDN Brecong II Buluspesantren. Kemudian dilanjutkan di SMPN 3 Kebumen pada tahun 2007-2010. Adapun pendidikan tingkat atas dilalui di SMAN 1 Kebumen pada tahun 2010-2013. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan S1 di Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan

Perencanaan, ITS, Surabaya pada Tahun 2013 dan terdaftar dengan NRP 3313 100 014.

Selama perkuliahan, penulis aktif sebagai panitia di berbagai kegiatan HMTL dan aktif sebagai asisten praktikum Teknik Analisis Pencemar Lingkungan dan Remediasi Badan Air dan Pesisir. Semasa kuliah, penulis terdaftar sebagai pengurus aktif Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan (HMTL) ITS, Surabaya. Penulis berkontribusi sebagai Staf Ristek HMTL periode kepengurusan 2014-2015 dan sebagai Staf Keilmihan pada periode kepengurusan 2015-2016. Selain itu penulis juga pernah berpartisipasi dalam berbagai pelatihan serta seminar di bidang teknik lingkungan juga telah diikuti dalam rangka pengembangan diri. Penulis dapat dihubungi via email bintangrespatid91@gmail.com